



**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**  
**MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA**  
**RECHERCHE SCIENTIFIQUE**  
**UNIVERSITE DES FRERES MENTOURI CONSTANTINE**



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

N° d'ordre.....

N° de série.....

## **Thèse**

**En vue de l'obtention de doctorat 3<sup>ème</sup> cycle**  
**Filière : Biotechnologie-Biologie-Environnement**  
**Spécialité : Gestion Durable des Écosystèmes et Protection de L'environnement**

## **Thème**

**Typologie et adaptation des espaces verts de l'agglomération d'El  
Khroub (Constantine)**

**Présentée par :**

**BENKOUACHI Nour El Houda**

**Le : 05/10/2021**

**Devant le jury :**

**Président : BENDERRADJI Med El Habib**

Prof. UFM Constantine 1

**Rapporteur : ALATOU Djamel**

Prof. UFM Constantine 1

**Examineurs : OUAHRANI Ghania**

Prof. Université Sétif 1

**BAZRI Kamel Eddine**

MC.A UFM Constantine 1

**Année universitaire : 2020/2021**

# **REMERCIEMENTS**

*Au terme de cette étude, je remercie avant tout Dieu le Tout Puissant, de m'avoir donné la foi et le courage et de m'avoir guidé pour l'accomplissement de ce travail.*

*Je tiens à exprimer mes plus vifs remerciements à Monsieur ALATOU D, mon encadreur, qui a bien voulu par son aimable bienveillance, diriger ce travail qu'il trouve ici l'expression de mon profond respect.*

*Je remercie vivement Mr BENDERRAJI M H, professeur à l'Université des Frères Mentouri Constantine 1, pour avoir accepté de présider le jury et qu'il trouve ici l'expression de ma profonde reconnaissance.*

*J'exprime mes plus profonds remerciements à Madame OUAHRANI GH professeur à l'Université Sétif 1, d'avoir accepté de juger ce travail et pour tout l'intérêt qu'il m'a accordé.*

*Je n'oublierai pas Monsieur BAZRI K E D maître de conférence à l'Université des Frères Mentouri Constantine 1, qui a bien voulu examiner et juger ce travail.*

*Mes plus vifs remerciements A mon maître de stage monsieur Rejeb Hichem Professeur et responsable de l'unité de recherche « Horticulture, Paysage, Environnement », de l'Université de Sousse (Tunisie) pour sa bienveillance, ses précieux conseils et ces encouragements, ces conseils et son soutien moral m'ont été très utiles.*

*J'adresse mes remerciements au directeur et au personnel de la conservation des forêts, direction de l'environnement, L'ECEV d'EIKhroub et de Constantine qui m'ont aidé à obtenir des résultats concrets et satisfaisants dans ce travail particulièrement Monsieur MESBAHI B.*

*Je désire terminer en remerciant ma famille, mes amis et mes collègues et particulièrement Gana M.*

*A tous, je dis Merci*

**Nour**

## ***DÉDICACES***

***À MON TRÈS CHER PÈRE, POUR SES ENCOURAGEMENTS  
INCESSANTS ET SON SOUTIEN MORAL AUX MOMENTS  
DIFFICILES QUI FURENT POUR MOI LES MEILLEURS  
GAGES DE RÉUSSITE.***

***À MA TRÈS CHÈRE MÈRE, QUI M'A TOUJOURS  
APPORTÉE SON AMOUR ET SON SACRIFICE.***

***À MON MARI D'ÊTRE TOUJOURS À MES CÔTÉS POUR ME  
SOUTENIR***

***À MES TRÈS CHÈRES SŒURS ET MES TRÈS CHERS  
FRÈRES.***

***À MON ENCADREUR MR ALATOU DJAMEL QUI M'A  
TOUJOURS ORIENTÉ ET CONSEILLÉ  
À MES CAMARADES DE LA PROMO D'ÉCOLOGIE  
2012/2013.***

***À TOUS CEUX QUE J'AURAIS OUBLIÉ DE CITER MAIS  
QUI EXISTENT AU FOND DE MON CŒUR ET DE MA  
PENSÉE***

***À TOUTES LES PERSONNES QUI M'ONT DIT <NON>.  
À MON PAYS.***

**JE DÉDIE CE TRAVAIL**

***NOUR***

## Liste des abréviations

**Ch a** : Chlorophylle a

**Ch b** : Chlorophylle b

**Ch a/b** : Le rapport chlorophyllien

**CAT** : Catalase

**PX** : Peroxydase

**SIG** : Système d'information géographique

**Dq** : densité des espaces verts d'un quartier

**N ev** : nombre des espaces verts

**S** : superficie d'un quartier

**Rq** : ratio des espaces verts d'un quartier

**S** : surface des espaces verts publics d'un quartier

**P** : l'effectif de la population d'un quartier

**Trq** : taux de recouvrement d'un quartier

**Sev** : surface des espaces verts d'un quartier

**St** : surface totale d'un quartier

## Liste des tableaux

<b>Tableau 01.</b> Régime saisonnier des précipitations de la station de Constantine (2007-2017).....	34
<b>Tableau 02.</b> Températures mensuelles minimales (m), maximales (M), moyennes (M+ m/2) et amplitudes thermiques (M – m) de la région de Constantine (Période 2007-2017).....	35
<b>Tableau 03.</b> Quotient pluviométrique d’Emberger de la région de Constantine (2007-2017).....	37
<b>Tableau 04.</b> Quantification des stress thermiques à Constantine pour la période 2007-2017.	39
<b>Tableau 5.</b> Superficie des types d’espaces verts dans la ville d’El Khroub .....	50
<b>Tableau 6.</b> La diversité de la strate arboré de la ville d’El Khroub.....	55
<b>Tableau 7.</b> La diversité de la strate arbustives et herbacée de la ville d’El Khroub.....	56
<b>Tableau 8.</b> Résultats de l’enquête questionnaire des citoyens khroubis .....	61
<b>Tableau 9.</b> Groupes homogènes des moyennes estimées de la chlorophylle a et b ( $\mu\text{mol} / \text{mg}$ MF) selon le test Newman et Keuls à 5% chez les feuilles de <i>L’Acacia heterophylla Willd</i> soumis aux hautes et basses températures.....	71
<b>Tableau 10.</b> Groupe homogènes des moyennes estimées du rapport chlorophyllien (a/b) selon le test Newman et Keuls à 5 % chez les feuilles de l’ <i>Acacia heterophylla</i> soumis aux hautes et basses températures.....	73
<b>Tableau 11.</b> Groupes homogènes des moyennes estimées de la chlorophylle a et b ( $\mu\text{mol} / \text{mg}$ MF) selon le test Newman et Keuls à 5% chez les feuilles de <i>Fraxinus angustifolia</i> soumis aux hautes et basses températures.....	73
<b>Tableau 12.</b> Groupe homogènes des moyennes estimées du rapport chlorophyllien (a/b) selon le test Newman et Keuls à 5 % chez les feuilles de <i>Fraxinus angustifolia</i> soumis aux hautes et basses températures.....	75
<b>Tableau 13.</b> Groupes homogènes des moyennes estimées de la chlorophylle a et b ( $\mu\text{mol} / \text{mg}$ MF) selon le test Newman et Keuls à 5% chez les feuilles de <i>Melia azedarach</i> soumis aux hautes et basses températures.....	75
<b>Tableau 14.</b> Groupe homogènes des moyennes estimées du rapport chlorophyllien (a/b) selon le test Newman et Keuls à 5 % chez les feuilles de <i>Melia azedarach</i> soumis aux hautes et basses températures.....	77
<b>Tableau 15.</b> Groupes homogènes des moyennes estimées de la chlorophylle a et b ( $\mu\text{mol} / \text{mg}$ MF) selon le test Newman et Keuls à 5% chez les feuilles de <i>Maclura pomifera</i> soumis aux hautes et basses températures.....	78

<b>Tableau 16.</b> Groupe homogènes des moyennes estimées du rapport chlorophyllien (a/b) selon le test Newman et Keuls à 5 % chez les feuilles de <i>Maclura pomifera</i> soumis aux hautes et basses températures.....	79
<b>Tableau 17.</b> Groupes homogènes des moyennes estimées de la chlorophylle a et b ( $\mu\text{mol} / \text{mg MF}$ ) selon le test Newman et Keuls à 5% chez les feuilles de <i>Phytolacca ameicana</i> soumis aux hautes et basses températures.....	80
<b>Tableau 18.</b> Groupe homogènes des moyennes estimées du rapport chlorophyllien (a/b) selon le test Newman et Keuls à 5 % chez les feuilles de <i>Phytolacca ameicana</i> soumis aux hautes et basses températures.....	81
<b>Tableau 19.</b> Groupes homogènes des moyennes estimées de la proline selon le test de Newman et Keuls à 5% chez l' <i>Acacia heterophylla Willd</i> soumis à un stress par les hautes et basses températures.....	85
<b>Tableau 20.</b> Groupes homogènes des moyennes estimées de la proline selon le test de Newman et Keuls à 5% chez <i>Fraxinus angustifolia</i> soumis à un stress par les hautes et basses températures.....	86
<b>Tableau 21.</b> Groupes homogènes des moyennes estimées de la proline selon le test de Newman et Keuls à 5% chez <i>Melia azedarach</i> soumis à un stress par les hautes et basses températures.....	87
<b>Tableau 22.</b> Groupes homogènes des moyennes estimées de la proline selon le test de Newman et Keuls à 5% chez <i>Maclura pomifera</i> soumis à un stress par les hautes et basses températures.....	89
<b>Tableau 23.</b> Groupes homogènes des moyennes estimées de la proline selon le test de Newman et Keuls à 5% chez <i>Phytolacca ameicana</i> soumis à un stress par les hautes et basses températures.....	90
<b>Tableau 24.</b> Groupes homogènes des moyennes estimées des sucres solubles selon le test de Newman et Keuls à 5% chez l' <i>Acacia heterophylla Willd</i> soumis à un stress par les hautes et basses températures.....	93
<b>Tableau 25.</b> Groupes homogènes des moyennes estimées des sucres solubles selon le test de Newman et Keuls à 5% chez <i>Fraxinus angustifolia</i> soumis à un stress par les hautes et basses températures.....	94
<b>Tableau 26.</b> Groupes homogènes des moyennes estimées des sucres solubles selon le test de Newman et Keuls à 5% chez <i>Melia azedarach</i> soumis à un stress par les hautes et basses températures.....	95
<b>Tableau 27.</b> Groupes homogènes des moyennes estimées des sucres solubles selon le test de Newman et Keuls à 5% chez <i>Maclura pomifera</i> soumis à un stress par les hautes et basses températures.....	96

<b>Tableau 28.</b> Groupes homogènesdes moyennes estimées des sucres solubles selon le test de Newman et Keuls à 5% chez <i>Phytolacca ameicana</i> soumis à un stress par les hautes et basses températures.....	99
<b>Tableau 29.</b> Groupes homogènesdes moyennes estimées des protéines selon le test de Newman et Keuls à 5% chez l' <i>Acacia heterophylla Willd</i> soumis à un stress par les hautes et basses températures.....	100
<b>Tableau 30.</b> Groupes homogènesdes moyennes estimées des protéines selon le test de Newman et Keuls à 5% chez <i>Fraxinus angustifolia</i> soumis à un stress par les hautes et basses températures.....	101
<b>Tableau 31.</b> Groupes homogènesdes moyennes estimées des protéines selon le test de Newman et Keuls à 5% chez <i>Melia azedarach</i> soumis à un stress par les hautes et basses températures.....	102
<b>Tableau 32.</b> Groupes homogènesdes moyennes estimées des protéines selon le test de Newman et Keuls à 5% chez <i>Maclura pomifera</i> soumis à un stress par les hautes et basses températures.....	104
<b>Tableau 33.</b> Groupes homogènesdes moyennes estimées des protéines selon le test de Newman et Keuls à 5% chez <i>Phytolacca ameicana</i> soumis à un stress par les hautes et basses températures.....	126
<b>Tableau 34.</b> Matrice de corrélation des principaux paramètres mesurés dans les semis de l' <i>Acacia heterophylla Willd</i> après l'application des traitements thermiques pour les hautes températures.....	127
<b>Tableau 35.</b> Matrice de corrélation des principaux paramètres mesurés dans les semis de l' <i>Acacia heterophylla Willd</i> après l'application des traitements thermiques pour les basses températures.....	127
<b>Tableau 36.</b> Matrice de corrélation des principaux paramètres mesurés dans les semis de <i>Fraxinus angustifolia</i> après l'application des traitements thermiques pour les hautes températures.....	127
<b>Tableau 37.</b> Matrice de corrélation des principaux paramètres mesurés dans les semis de <i>Fraxinus angustifolia</i> après l'application des traitements thermiques pour les basses températures.....	128
<b>Tableau 38.</b> Matrice de corrélation des principaux paramètres mesurés dans les semis de <i>Melia azedarach</i> après l'application des traitements thermiques pour les hautes températures.....	129
<b>Tableau 39.</b> Matrice de corrélation des principaux paramètres mesurés dans les semis de <i>Melia azedarach</i> après l'application des traitements thermiques pour les basses températures.....	130

**Tableau 40.**Matrice de corrélation des principaux paramètres mesurés dans les semis de *Maclura pomifera* après l'application des traitements thermiques pour les hautes températures.....131

**Tableau 41.**Matrice de corrélation des principaux paramètres mesurés dans les semis de *Maclura pomifera* après l'application des traitements thermiques pour les basses températures.....132

**Tableau 42.**Matrice de corrélation des principaux paramètres mesurés dans les semis de *Phytolacca ameicana* après l'application des traitements thermiques pour les hautes températures.....133

**Tableau 43.**Matrice de corrélation des principaux paramètres mesurés dans les semis de *Phytolacca ameicana* après l'application des traitements thermiques pour les basses températures.....133



## Liste des figures

<b>Figure 1.</b> Plan du Chahar-Bag.....	6
<b>Figure 2.</b> Diagramme Ombrothermique de la région de Constantine pour la période 2007-2017.....	36
<b>Figure 3.</b> Climagramme d'Emberger.....	37
<b>Figure 4.</b> Variation du Q2 dans la région de Constantine durant la période 2007-2017.....	38
<b>Figure 5.</b> Variation des taux de la chlorophylle (a et b) et du rapport chlorophyllien chez les feuilles de l' <i>Acacia heterophylla</i> Willd en fonction des hautes et basses températures.....	72
<b>Figure 6.</b> Variation des taux de la chlorophylle (a et b) et du rapport chlorophyllien chez les feuilles de <i>Fraxinus angustifolia</i> en fonction des hautes et basses températures.....	74
<b>Figure 7.</b> Variation des taux de la chlorophylle (a et b) et du rapport chlorophyllien chez les feuilles de <i>Melia azedarach</i> en fonction des hautes et basses températures.....	76
<b>Figure 8.</b> Variation des taux de la chlorophylle (a et b) et du rapport chlorophyllien chez les feuilles de <i>Maclura pomifera</i> en fonction des hautes et basses températures.....	78
<b>Figure 9.</b> Variation des taux de la chlorophylle (a et b) et du rapport chlorophyllien chez les feuilles de <i>Phytolacca americana</i> en fonction des hautes et basses températures.....	81
<b>Figure 10.</b> Variation des teneurs en proline dans organes de l' <i>Acacia heterophylla</i> Willd sous traitements thermiques aux hautes basses températures.....	85
<b>Figure 11.</b> Variation des teneurs en proline dans organes de <i>Fraxinus angustifolia</i> sous traitements thermiques aux hautes basses températures.....	86
<b>Figure 12.</b> Variation des teneurs en proline dans organes de <i>Melia azedarach</i> sous traitements thermiques aux hautes basses températures.....	87
<b>Figure 13.</b> Variation des teneurs en proline dans organes de <i>Maclura pomifera</i> sous traitements thermiques aux hautes basses températures.....	88
<b>Figure 14.</b> Variation des teneurs en proline dans organes de <i>Phytolacca americana</i> sous traitements thermiques aux hautes basses températures.....	89
<b>Figure 15.</b> Variation des teneurs en sucres solubles dans organes de l' <i>Acacia heterophylla</i> Willd sous traitements thermiques aux hautes et les basses températures.....	91
<b>Figure 16.</b> Variation des teneurs en sucres solubles dans organes de <i>Fraxinus angustifolia</i> sous traitements thermiques aux hautes et les basses températures.....	92
<b>Figure 17.</b> Variation des teneurs en sucres solubles dans organes de <i>Melia azedarach</i> sous traitements thermiques aux hautes et les basses températures.....	93
<b>Figure 18.</b> Variation des teneurs en sucres solubles dans organes de <i>Maclura pomifera</i> sous traitements thermiques aux hautes et les basses températures.....	94

<b>Figure 19.</b> Variation des teneurs en sucres solubles dans organes de <i>Phytolacca americana</i> sous traitements thermiques aux hautes et les basses températures.....	96
<b>Figure 20.</b> Variation des teneurs en protéines dans les organes de l' <i>Acacia heterophylla Willd</i> sous traitements thermiques aux hautes et basses températures.....	97
<b>Figure 21.</b> Variation des teneurs en protéines dans les organes de <i>Fraxinus angustifolia</i> sous traitements thermiques aux hautes et basses températures.....	99
<b>Figure 22.</b> Variation des teneurs en protéines dans les organes de <i>Melia azedarach</i> sous traitements thermiques aux hautes et basses températures.....	101
<b>Figure 23.</b> Variation des teneurs en protéines dans les organes de <i>Maclura pomifera</i> sous traitements thermiques aux hautes et basses températures.....	102
<b>Figure 24.</b> Variation des teneurs en protéines dans les organes de <i>Phytolacca americana</i> sous traitements thermiques aux hautes et basses températures.....	103
<b>Figure 25.</b> Variation des teneurs en peroxydase dans les feuilles de l' <i>Acacia heterophylla</i> sous traitements thermiques aux hautes et basses températures.....	105
<b>Figure 26.</b> Variation de l'activité en peroxydase dans les feuilles de l' <i>Acacia heterophylla Willd</i> stressés par les hautes et les basses températures .....	106
<b>Figure 28.</b> Variation des teneurs en catalase dans les feuilles de l' <i>Acacia heterophylla Willd</i> sous traitements thermiques aux hautes et basses températures.....	107
<b>Figure 29.</b> Variation de l'activité spécifique de la catalase dans les feuilles de l' <i>Acacia heterophylla Willd</i> sous traitements thermiques aux hautes et basses températures.....	108
<b>Figure 30.</b> Variation des teneurs en peroxydase dans les feuilles de <i>Fraxinus angustifolia</i> sous traitements thermiques aux hautes et basses températures.....	109
<b>Figure 31.</b> Variation de l'activité en peroxydase dans les feuilles de <i>Fraxinus angustifolia</i> stressés par les hautes et les basses températures .....	110
<b>Figure 32.</b> Variation des teneurs en catalase dans les feuilles de <i>Fraxinus angustifolia</i> sous traitements thermiques aux hautes et basses températures.....	111
<b>Figure 33.</b> Variation de l'activité spécifique de la catalase dans les feuilles de <i>Fraxinus angustifolia</i> sous traitements thermiques aux hautes et basses températures.....	112
<b>Figure 34.</b> Variation des teneurs en peroxydase dans les feuilles de <i>Melia azedarach</i> sous traitements thermiques aux hautes et basses températures.....	113
<b>Figure 35.</b> Variation de l'activité en peroxydase dans les feuilles de <i>Melia azedarach</i> stressés par les hautes et les basses températures .....	114
<b>Figure 36.</b> Variation des teneurs en catalase dans les feuilles de <i>Melia azedarach</i> sous traitements thermiques aux hautes et basses températures.....	115
<b>Figure 37.</b> Variation de l'activité spécifique de la catalase dans les feuilles de <i>Melia azedarach</i> sous traitements thermiques aux hautes et basses températures.....	116
<b>Figure 38.</b> Variation des teneurs en peroxydase dans les feuilles de <i>Maclura pomifera</i> sous traitements thermiques aux hautes et basses températures.....	117

<b>Figure 39.</b> Variation de l'activité en peroxydase dans les feuilles de <i>Maclura pomifera</i> stressés par les hautes et les basses températures .....	118
<b>Figure 40.</b> Variation des teneurs en catalase dans les feuilles de <i>Maclura pomifera</i> sous traitements thermiques aux hautes et basses températures.....	119
<b>Figure 41.</b> Variation de l'activité spécifique de la catalase dans les feuilles de <i>Maclura pomifera</i> sous traitements thermiques aux hautes et basses températures.....	120
<b>Figure 42.</b> Variation des teneurs en peroxydase dans les feuilles de <i>Phytolacca americana</i> Sous traitements thermiques aux hautes et basses températures.....	121
<b>Figure 41.</b> Variation de l'activité en peroxydase dans les feuilles de <i>Phytolacca americana</i> stressés par les hautes et les basses températures .....	122
<b>Figure 42.</b> Variation des teneurs en catalase dans les feuilles de <i>Phytolacca americana</i> sous traitements thermiques aux hautes et basses températures.....	123
<b>Figure 43.</b> Variation de l'activité spécifique de la catalase dans les feuilles de <i>Phytolacca americana</i> sous traitements thermiques aux hautes et basses températures.....	124

## Liste des photos

<b>Photo 1.</b> Représentation imaginaire des jardins suspendus du Babylone .....	5
<b>Photo 2.</b> Jardin Japonais de Californie.....	7
<b>Photo 3.</b> Jardin du Généralife.....	8
<b>Photo 4.</b> Jardins du château de Versailles, vue aérienne .....	10
<b>Photo 5.</b> Jardin anglais de Bordeaux, France.....	11
<b>Photo 6.</b> Haies bien taillés, A : Université Batna, B : Université de Constantine.....	15
<b>Photo 7.</b> Parc El Madina Sousse (Tunisie).....	16
<b>Photo 8.</b> Pépinière ornementale, A : Gandouz à Chott Meriem Sousse (Tunisie), B : El khroub Constantine.....	29
<b>Photo 9.</b> Taille agressive des Faux poivriers (park Boudjafar, Sousse, Tunisie).....	30
<b>Photo 10.</b> Ficus taillé de différente manière à El kantaoui Sousse, 2018.....	31
<b>Photos 11.</b> Vectorisation des espaces verts de la ville d'El Khroub dans Google Earth ...	41
<b>Photo 12.</b> Intégration des données dans le SIG .....	42
<b>Photos 13.</b> La Pinède de la cité Krimi Amar.....	57
<b>Photo 14.</b> Jardin Bouchouk cité 1600 logement.....	58
<b>Photo 15.</b> Le jardin du centre-ville et la place public.....	59
<b>Photo 16.</b> Squares de la cité 900 logements .....	59

## **Liste des cartes**

<b>Carte n°1.</b> Localisation géographique de la ville d'El Khroub.....	32
<b>Carte n° 2.</b> La typologie des espaces verts de la ville d'El Khroub.....	51
<b>Carte n°3.</b> La densité des espaces verts de la ville d'El Khroub.....	52
<b>Carte n°4.</b> Ratio des espaces verts de la ville d'El Khroub.....	53
<b>Carte n°5.</b> Taux de recouvrement des espaces verts de la ville d'El Khroub.....	54
<b>Carte n°6.</b> Carte de la gestion durable des espaces verts de la ville d'El khroub.....	65

# SOMMAIRE

INTRODUCTION.....	1
-------------------	---

## CHAPITRE I. SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

<b>1. Historique sur la conception et le choix du végétal dans les espaces verts .....</b>	<b>4</b>
1.1. Les Jardins de l'antiquité.....	4
1.2. Le jardin au Moyen Age.....	8
1.3. Les Jardins du style Islamique .....	8
1.4. Les Jardins du Style Italien .....	9
1.5. Les Jardins du style Français, style baroque.....	9
1.6. Le Style Anglais, les jardins paysagers.....	10
1.7. Les jardins du XIXème .....	11
<b>2. La notion de la gestion durable des espaces verts .....</b>	<b>13</b>
2.1. La notion espace vert, développement durable .....	13
2.2. Objectif de la gestion durable des espaces verts .....	13
<b>3. Le rôle des espaces verts urbain.....</b>	<b>14</b>
3.1. Rôle écologique.....	14
3.2. Rôle social et économique.....	15
<b>4. Typologie des espaces verts .....</b>	<b>17</b>
<b>5. Normes des espaces verts en Algérie.....</b>	<b>18</b>
<b>6. Choix des espèces .....</b>	<b>19</b>
6.1. La biodiversité .....	19
6.2. La pollinisation .....	20
6.3. Les conditions de vie des arbres urbains.....	20
6.3.1. Contrainte lié à la pollution.....	21
6.3.2. Contrainte lié au sol.....	21
6.3.3. Contraintes anthropiques .....	22
6.3.4. Contraintes lié au stress thermique.....	23
6.3.4.1. La sensibilité des arbres urbains aux basses températures.....	24
6.3.4.2. La sensibilité des arbres urbains aux hautes températures.....	24
6.3.4.3. Accumulation des osmoprotecteurs vis-à-vis le stress thermiques.....	25
6.3.4.3.1. La chlorophylle.....	25
6.3.4.3.2. La proline.....	26
6.3.4.3.3. Les sucres solubles.....	26
6.3.4.3.4. Les protéines.....	27
6.4. Plantation et entretien des arbres urbains.....	28
6.4.1. Transplantation des arbres urbains .....	29
6.4.2. La taille des arbres et arbustes d'ornement.....	30

## CHAPITRE II. DESCRIPTION DE LA ZONE D'ETUDE

1. Situation géographique .....	32
2. La topographie.....	33
3. La pédologie.....	33
4. Paramètres climatiques.....	34
4.1. Les précipitations.....	34
4.2. Les températures.....	34
4.3. Synthèse bioclimatique.....	35
4.3.1. Diagramme Ombrothermiques de Bagnouls et Gausсен.....	35
4.3.2. Climagramme d'Emberger.....	36
4.4. Analyse des stress thermiques pour les saisons hivernales et estivales.....	38
4.5. Détermination des stress.....	38
4.6. Détermination des stress thermiques pour la période 2007-2017.....	39

## CHAPITRE III. MATERIEL ET METHODES

1. Localisation des espaces verts de la ville d'El khroub .....	40
1.1. Le Matériel utilisé.....	40
1.2. Méthodologie du travail.....	40
1.2.1. Inventaire.....	40
1.2.2. Définition d'une typologie.....	41
1.2.3. Etablissement d'un plan de gestion.....	41
1.2.4. L'intégration des données.....	42
2. La diversité des ligneux de la ville d'El Khroub.....	43
3. L'enquête questionnaire.....	43
3.1. L'échantillon.....	43
3.2. Le questionnaire.....	44
4. Analyses biochimiques sous stress thermique .....	44
4.1. Matériel végétal .....	44
4.2. Traitements appliqués .....	45
4.3. Méthodes de dosage des paramètres biochimiques.....	45
4.3.1. Dosage des pigments chlorophylliens .....	45
4.3.2. Dosage des sucres solubles .....	45
4.3.3. Dosage de la proline .....	46
4.3.4. Dosage des protéines .....	46
4.3.5. Dosage de l'activité catalase.....	47
4.3.6. Dosage de l'activité peroxydase.....	47
5. L'analyse statistique.....	48

## CHAPITRE IV. RESULTATS ET DISCUSSION

### Partie 1 : Gestion des espaces vert de la ville d'El khroub

<b>1. Résultats</b>	
1.1. L'application d'un SIG pour gérer les espaces verts de la ville d'El khroub.....	49
1.2. Typologie des espaces verts de la ville d'El khroub.....	49
1.3. Densité des espaces verts de la ville d'El khroub par quartier.....	52
1.4. Ratio des espaces verts de la ville d'El khroub par quartier.....	53
1.5. Le taux de recouvrement des espaces verts de la ville d'El khroub par quartier.....	54
1.6. La palette végétale de la ville d'El Khroub.....	54
1.7. Les espaces verts représentatifs de la ville d'El Khroub.....	57
1.7.1. Parc, jardin, et squares.....	57
1.7.1.1. Parc Krimi Amar.....	57
1.7.1.2. Jardins publics Bouchouk.....	58
1.7.1.3. Jardin public du centre-ville.....	58
1.7.1.4. Squares de la cité 900 logements.....	60
1.7.1.5. Arbres d'alignements.....	60
1.8. L'enquête-Questionnaire.....	60
1.8.1. Perception et fréquentation des espaces verts par les citoyens Khroubis.....	60
1.8.2. La demande sociale en matière d'espaces verts dans la ville d'El Khroub.....	60
1.9. Proposition d'un mode de gestion durable.....	64
<b>2. Discussion.....</b>	<b>66</b>

## **Partie 2 : Le stress thermique**

<b>1. Résultats</b>	
<b>1.1. La chlorophylle (a) et (b) .....</b>	<b>71</b>
1.1.1. L' <i>Acacia heterophylla Willd</i> (Tamarin des Hauts).....	71
1.1.2. <i>Fraxinus angustifolia</i> (Frêne oxyphyllé) .....	74
1.1.3. <i>Melia azedarach</i> (Lilas des Perse) .....	75
1.1.4. <i>Maclura pomifera</i> (Orangé des osages).....	77
1.1.5. <i>Phytolacca americana</i> (Raisin d'Amérique).....	79
<b>1.2. Le classement des espèces en fonction de la température et de la teneur en chlorophylle (a) et (b) et du rapport chlorophyllien .....</b>	<b>82</b>
1.2.1. Les hautes températures.....	82
1.2.2. Les basses températures.....	83
<b>1.3. La proline.....</b>	<b>84</b>
1.3.1. L' <i>Acacia heterophylla Willd</i> (Tamarin des Hauts).....	84
1.3.2. <i>Fraxinus angustifolia</i> (Frêne oxyphyllé) .....	85
1.3.3. <i>Melia azedarach</i> (Lilas des Perse) .....	87
1.3.4. <i>Maclura pomifera</i> (Orangé des osages).....	88
1.3.5. <i>Phytolacca americana</i> (Raisin d'Amérique).....	89
<b>1.4. Le classement des espèces en fonction de la température et de la teneur en proline.....</b>	<b>90</b>
1.4.1. Les hautes températures.....	90
1.4.2. Les basses températures.....	90
<b>1.5. Les sucre.....</b>	<b>91</b>
1.5.1. L' <i>Acacia heterophylla Willd</i> (Tamarin des Hauts).....	91
1.5.2. <i>Fraxinus angustifolia</i> (Frêne oxyphyllé) .....	92



1.5.3. <i>Melia azedarach</i> (Lilas des Perse) .....	93
1.5.4. <i>Maclura pomifera</i> (Orangé des osages).....	94
1.5.5. <i>Phytolacca americana</i> (Raisin d'Amérique).....	95
<b>1.6. Le classement des espèces en fonction de la température et de la teneur en sucre soluble</b> .....	97
1.6.1. Les hautes températures.....	97
1.6.2. Les basses températures.....	97
<b>1.7. Les protéines</b> .....	97
1.7.1. L' <i>Acacia heterophylla</i> Willd (Tamarin des Hauts).....	97
1.7.2. <i>Fraxinus angustifolia</i> (Frêne oxyphyllé) .....	99
1.7.3. <i>Melia azedarach</i> (Lilas des Perse) .....	100
1.7.4. <i>Maclura pomifera</i> (Orangé des osages).....	101
1.7.5. <i>Phytolacca americana</i> (Raisin d'Amérique).....	103
<b>1.8. Le classement des espèces en fonction de la température et de la teneur en protéine soluble</b> .....	104
1.8.1. Les hautes températures.....	104
1.8.2. Les basses températures.....	104
<b>1.9. Les enzymes</b> .....	105
<b>1.9.1. l'<i>Acacia heterophylla</i>Willd (Tamarin des Hauts)</b> .....	105
1.9.1.1. Les peroxydases .....	105
1.9.1.2. L'Activité spécifique des peroxydases.....	106
1.9.1.3. Les catalases.....	107
1.9.1.4. L'Activité spécifique des catalases.....	108
<b>1.9.2. <i>Fraxinus angustifolia</i> (Frêne oxyphyllé)</b> .....	109
1.9.2.1. Les peroxydases .....	109
1.9.2.2. L'Activité spécifique des peroxydases.....	109
1.9.2.3. Les catalases.....	110
1.9.2.4. L'Activité spécifique des catalases.....	111
<b>1.9.3. <i>Melia azedarach</i> (Lilas des Perse)</b> .....	112
1.9.3.1. Les peroxydases .....	113
1.9.3.2. L'Activité spécifique des peroxydases.....	113
1.9.3.3. Les catalases.....	114
1.9.3.4. L'Activité spécifique des catalases.....	115
<b>1.9.4. <i>Maclura pomifera</i> (Orangé des osages)</b> .....	116
1.9.4.1. Les peroxydases .....	116
1.9.4.2. L'Activité spécifique des peroxydases.....	116
1.9.4.3. Les catalases.....	118
1.9.4.4. L'Activité spécifique des catalases.....	119
<b>1.9.5. <i>Phytolacca americana</i> (Raisin d'Amérique)</b> .....	120
1.9.5.1. Les peroxydases .....	120
1.9.5.2. L'Activité spécifique des peroxydases.....	121
1.9.5.3. Les catalases.....	122
1.9.5.4. L'Activité spécifique des catalases.....	123
<b>1.9.6. Le classement des espèces en fonction de la température et de l'activité spécifique des peroxydases</b> .....	124
1.9.6.1. Les hautes températures.....	124
1.9.6.2. Les basses températures.....	124

<b>1.9.7. Le classement des espèces en fonction de la température et de l'activité spécifique des catalases</b> .....	125
1.9.7.1. Les hautes températures.....	125
1.9.7.2. Les basses températures.....	125
<b>1.10. Corrélation entre les variables étudiées</b> .....	126
<b>1.10.1. L'<i>Acacia heterophylla</i> Willd</b> .....	126
1.10.1.1. Corrélation après l'application des traitements thermiques pour les hautes températures.....	126
1.10.1.2. Corrélation après l'application des traitements thermiques pour les basses températures.....	126
<b>1.10.2. <i>Fraxinus angustifolia</i> (Frêne oxyphylle)</b> .....	127
1.10.2.1. Corrélation après l'application des traitements thermiques pour les hautes températures.....	127
1.10.2.2. Corrélation après l'application des traitements thermiques pour les basses températures.....	128
<b>1.10.3. <i>Melia azedarach</i> (Lilas des Perse)</b> .....	129
1.10.3.1. Corrélation après l'application des traitements thermiques pour les hautes températures.....	130
1.10.3.2. Corrélation après l'application des traitements thermiques pour les basses températures.....	130
<b>1.10.4. <i>Maclura pomifera</i> (Orangé des osages)</b> .....	131
1.10.4.1. Corrélation après l'application des traitements thermiques pour les hautes températures.....	131
1.10.4.2. Corrélation après l'application des traitements thermiques pour les basses températures.....	132
<b>1.10.5. <i>Phytolacca americana</i> (Raisin d'Amérique)</b> .....	132
1.10.5.1. Corrélation après l'application des traitements thermiques pour les hautes températures.....	133
1.10.5.2. Corrélation après l'application des traitements thermiques pour les basses températures.....	133
<b>2. Discussion</b> .....	134
<b>CONCLUSION</b> .....	141

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

## ANNEXES

## **Introduction**

La conception d'espaces publics ou privés de qualité, où la nature et plus particulièrement le végétal trouve toute sa place, intègre les nouveaux modèles de la ville durable avec la réalisation des infrastructures vertes telles les parcs, jardins, espaces interstitiels et arbres d'alignement (Legenne C et al., 2009). La réflexion pour des villes plus durables appelle à un développement des surfaces vertes dont la gestion est souvent inscrite dans un programme de foresterie urbaine (Carreiro M.M. et Zipperer W.C., 2008 ; Polorigni B. et al 2014). En fait, le domaine de la foresterie urbaine est une approche d'entretien et de gestion des arbres de la ville en vue d'assurer leurs bienfaits sur l'homme et sur le milieu urbain (FAO, 2012) ; celle-ci est de plus en plus reconnue comme étant une filière de production, d'aménagement, et de gestion différentielle, il considère l'arbre de la ville comme étant une composante de l'urbanisme vert (Rejeb et al., 2010).

En effet, après les années 70, les préoccupations écologiques et surtout économiques dans le monde, engendrent le changement de direction de l'entretien horticole intensif vers la gestion durable, or la conception des espaces verts a changé rapidement, elle s'appuyait sur des principes écologiques d'où la préservation des écotopes de même type, en assurant l'échange des espèces, par la création des corridors biologiques ; et la diversification des espaces verts sont les principes appliqués dans ce mode de gestion durable (Aggeri, 2010), la gestion d'un patrimoine arboré nécessite un vaste ensemble de pratique arboricoles tant au niveau de sa création (étude paysagère), choix des essences et des plants, que de son entretien (Drenou, 1999). De plus au-delà de l'enjeu scientifique, des besoins de connaissances sont formulés par des gestionnaires, des aménageurs du territoire pour une gestion optimale et équilibrée des espaces verts (Pullin A.S. et Knight, T.M., 2005). Dans ce sens, la gestion durable des espaces verts a pour objet de trouver un équilibre entre le confort paysager ou l'agrément du public, les exigences écologique et les contraintes pratiques et économiques (Thorez J-P, 2008) ; le principe écologique qui repose sur un paradoxe scientifique donne des résultats plus respectueuse de l'environnement que la gestion intensive horticole (Aggéri G, 2010), mais les citoyens ignorent parfois l'importance des espaces verts pour mieux les protéger (Alberti M et al., 2003). Ces besoins s'expriment souvent en termes de composition floristique comme facteurs d'attractivité des citoyens vers les espaces verts. Il est d'une évidence certaine aujourd'hui que la planification et la gestion de l'aménagement de la nature en ville peuvent être combinées avec un objectif de préservation de la biodiversité mais aussi dans l'optique de l'amélioration de la qualité de vie au sein des territoires urbains (Kinzig A.P et al., 2005).

En Algérie le choix des espèces actuellement utilisées datent de l'époque coloniale et il serait judicieux d'évaluer en adaptant la sélection d'autres taxons par la diversification du matériel végétal autochtone ou autre. Les techniques utilisées aujourd'hui sont performantes sur la réussite des espaces verts si l'effort financier suit. On assiste actuellement à un semblant de réalisation dont l'échec est consommé d'avance, notamment par rapport aux travaux préliminaires, au choix des essences, à la mauvaise qualité des plants, à l'aspect phytosanitaire déficient, à la taille des arbres et à leur entretien d'une manière générale, ce choix pourrait également permettre de faire renaître une végétation ancienne ou introduire de nouvelles essences œuvrant à l'enrichissement du potentiel floristique et faunistique de la région. L'aspect esthétique et paysager est fortement absent, plusieurs voies ; sont ouvertes quant au choix des espèces utilisées pour leur biodiversité, leur utilité et leur impact sur le bien être humain, la relaxation...etc., les décors paysager, la pollinisation accentuée pour les abeilles et autres.

Cependant, le milieu de vie des arbres urbains est artificialisé ce qui induit des comportements différentiels des plantations arborées, l'espérance de vie où la longévité est affecté par rapport aux conditions naturelles. En fait, les recherches entreprises dans le domaine de la physiologie intégrée sont peu nombreux pour les arbres en ville par rapport à leurs semblables fruitiers ou forestiers. Ainsi, les changements climatiques ne cessent de poser des problèmes à tous les niveaux. On estime que d'ici 2030 une hausse de 1,1°C et qui sera de 1,5 en 2050 dans nos villes maghrébines (Taabni et Mouley-Driss, 2012). Devant cette contrainte, il est essentiel de s'interroger sur les mécanismes d'adaptation ou de déficit d'adaptation des arbres en milieu urbain. Il ne sans dire que la température est l'un des principaux facteurs qui ont un impact sur le développement des arbres, elle influence plusieurs paramètres physiologiques tels que la photosynthèse, la transpiration et les réactions métaboliques.

En fait, les arbres urbains sont constamment confrontés à des stress abiotique et biotique qui réduisent considérablement leur productivité (Rejeb IB et al., 2014). Le stress thermique provoque la surproduction et l'accumulation de superoxyde, de peroxyde d'hydrogène et des radicaux hydroxyles connus sous le nom d'espèces réactives de l'oxygène (Breusegem et al., 2001). De ce fait, les réponses des arbres à ces stress sont complexes d'une part impliquent de nombreuses adaptations physiologiques, moléculaires et cellulaires, et d'autre part, développent des mécanismes de tolérance au stress qui font intervenir une large combinaison de facteurs tel que l'accumulation des osmoprotecteurs (proline, sucre soluble...etc.)

(Monneveux et Belhassen, 1997 ; Rejeb IB et al., 2014), et le système de défense anti-oxydative relatif aux catalases et peroxydases (Foyer et Noctor, 2003).

C'est dans ce contexte que la présente investigation se fixe pour objectifs :

- De créer une base de données pour mettre en place un système d'information géographique (SIG), en vue de tirer une typologie adéquate aux espaces vert de la ville d'El Khroub ; et d'éclairer les fonctionnalités des SIG pouvant servir à les gérer durablement.

-Inventorier et évaluer la viabilité de la diversité des ligneux de la ville, et d'intégrer le volet social dans cette évaluation à partir d'une enquête auprès des habitants, des usagers et des travailleurs au sein des services prennent part dans la création et la gestion des espaces verts urbains de la ville.

-De proposer un mode de gestion différencié qui prend en considération les concepts de connectivité et de corridor écologique.

-D'élucider l'effet du stress thermique par les marqueurs biochimiques (chlorophylle, proline, sucres solubles, protéines, catalase et peroxydase) sur la capacité d'adaptation des jeunes plants du *Acacia heterophylla Willd*, *Fraxinus angustifolia*, *Maclura pomifera*, *Melia azedarach*, et *Phytolacca americana* vis-à-vis les hautes et les basses températures

## **1. Historique sur la conception et le choix du végétal dans les espaces verts**

L'art de concevoir des jardins apparaissent depuis l'antiquité, c'est en Perse, en Egypte, à Rome, et en Grèce que naissent les premiers jardins dans le monde. Plusieurs paramètres influencent la typologie des styles de *conception* des *jardins* pour chaque civilisation, en fait, les premiers jardins conçus d'une manière organisée sur papier sont celle du Babylone en Mésopotamie.

Les modèles existaient à l'époque, reflètent le désir et les principes de la société. En effet, la conception de cet art dépend du concepteur lui-même, de sa propre imagination, de sa trajectoire dans la vie et de ses connaissances de la nature. Durant des siècles, des courants de pensées défendent l'idée d'organisé la nature et de donner une certaine symétrie. Cependant, durant les années 1960-1970, l'apparition des mouvements en faveur de l'écologie, engendre la découverte de la notion d'espaces verts, du développement durable, et de la gestion plus proche de la nature.

### **1.1. Les Jardin de l'antiquité**

En Egypte, en Perse, la Grèce, et à Rome débute l'histoire des jardins, les premiers types d'espaces verts qui existaient dans le monde. La conception de ces anciens jardins se caractérise par une structure formelle contiennent des plantes qui apportent ombre et abri avec une fonction décorative, contenant des vertus médicinales ou encore un usage culinaire (Bennis E, 2006).

#### **1.1.1. Jardin de Mésopotamie (3500 avant J.-C)**

C'est en Mésopotamie que naissent les premières organisations jardinées, c'est-à-dire dessinés. L'art des jardins de Mésopotamie trouve son apogée avec les terrasses plantées sur les différents étages, en général sept. Les célèbres jardins suspendus de Babylone (Photos 1) en sont un exemple (Ali Khoudja, 2011).

Ces merveilles de jardins constitue sept étages en général, les espèces de l'époque étaient choisis pour leurs intérêts utilitaire comme: le pommier, le jujubier, le grenadier, le palmier-dattier, le poirier, le figuier, le cognassier, l'amandier, l'olivier, le chêne, ou ornementale tel que : l'ébénier, le genévrier, le frêne, le cèdre, le cyprès, le peuplier, la rose, le lis, peuplier, saule, palmier, cèdre, robinier, lotus, ses végétaux sont ceux déjà présent dans tout le bassin méditerranéen (Larcher J-L & Gelgon T, 2012).



**Photos 1.** Représentation imaginaire des jardins suspendus du Babylone. Source : (<http://gaia.merveille.free.fr/7merv.antique>).

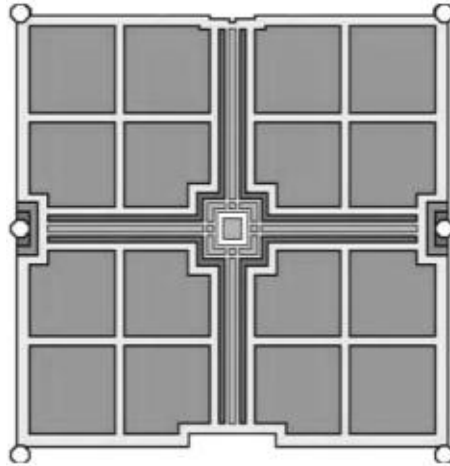
### **1.1.2. Jardin d’Égypte (3000 avant J.-C) :**

Les jardins d’Égypte étaient apparus au cours du second millénaire avant J.-C, à l’époque des Pharaons (Gillot G, 2002), Ils étaient construits à des fins religieuses pour la décoration de leurs temples, les Pharaons ont conçu ces jardins sous des formes géométriques et symétriques, par des lignes droites (Saïd Mohamed C, 2007). Les végétaux utilisés par les Égyptiens ont souvent un rôle sacré ou utilitaire tel : Le *Cyperus papyrus* utilisé dans la fabrication du papyrus, en vannerie et dans celle des cordages destinés à la navigation, d’autres végétaux comme les tamaris, saules, jasmin, ou encore les acacias sont utilisés dans un but décoratif ( Larcher J-L & Gelgon T, 2012). La signification religieuse et symbolique de certains arbres tel que le palmier et aussi de certaines fleurs tels que le lotus et le papyrus engendra l’utilisation des plantes pour l’ornementation (Ali khodja, 2011).

### **1.1.3. Les jardins perses (3000 avant J.-C)**

Les Perses imaginaient des miracles de verdure en plein désert, fermés à la chaleur. La couleur, l’ombre, les fruits, l’eau, l’absence de sculpture et les plantations en lignes droites sont les caractéristiques du jardin perse. Ses principales plantes sont le palmier dattier, l’amandier et le cyprès qui ont chacun une représentation symbolique. Le Palmier dattier représente la fécondité, le Cyprès la mort et l’amandier la vie. Ils sont riches en fleurs, rosiers et végétaux variés parfumés (Larcher J-L & Gelgon T, 2012). Le jardin perse gardé par de hautes tours de surveillance et des murs, est conçu selon la notion Chahar Bagh « quatre jardins » ou « jardin quadripartite » (figure 1), où le terme de « quatre » désigne en définitive

un schéma strictement géométrique. Le Chahar Bagh se présentait sous la forme d'un rectangle clos subdivisé par des canaux d'irrigation en quatre rectangles égaux ; ces canaux se rencontraient au centre en un vaste bassin ou une fontaine (Laurie, 1979).



**Figure 1.** Plan du Chahar-Bagh

Source : Ali khodja, 2011

#### **1.1.4. Les jardins grecs (3000 avant J.-C)**

A l'inverse de l'orient, dans l'ancienne Grèce, durant la période hellénique, il n'y a pas eu grand intérêt pour les plaisirs émotionnels des jardins : le peuple grec est un peuple de raison. De plus, le sol rocailleux et les conditions climatiques chaudes et sèches ne favorisent en rien l'essor de cet art. Après la seconde moitié du 4<sup>ème</sup> siècle avant J.-C, grâce aux conquêtes d'Alexandre le Grand, la période hellénistique entre sous l'influence importante des jardins égyptiens et perses (Laurie, 1986). Ces jardins de composition simple s'articulaient selon les éléments suivants : ombre, fraîcheur, parfums et végétaux variés tels que la rose, l'iris, le lys, la violette, l'œillet et les oliviers, les rosiers, les cyprès, les myrtes, ormes, figuiers, noisetiers, vignes, cèdres et peupliers. Les parcs publics s'ornent aussi de nombreuses grottes et de statues, sous une végétation plus généreuse et foisonnante. La main mise sur le bassin méditerranéen par l'empire romain marque la fin d'un art des jardins grecs alors en pleine renaissance. (Larcher J-L & Gelgon T, 2012).

#### **1.1.5. Les jardins romains (753 avant J.-C)**

C'est à la seconde moitié du 2<sup>ème</sup> siècle avant notre ère que naquit dans l'empire romain un art nouveau des jardins portant le nom de l'art topiaire signifiant « art du paysage ». Avec la conquête des possessions grecques, les Romains ramènent avec eux le concept de jardin public. Ces jardins se développent abondamment autour de Rome. Une ceinture verte hétéroclite cerne alors la ville. On y trouve aussi bien les parcs périphériques, les jardins des



riches villas et les jardins familiaux des Romains de la classe sociale moyenne, appelés «hortuli». ( Ali khodja 2011). Les éléments du jardin sont nombreux, hétéroclites et très structurés : bassin et colonnade «peristilon», pergola «peripteros», kiosque « tholos », volières « ornithoron » et statues, fontaines et canaux, parterres et buissons taillés, gazons et bosquets libres, etc. Chaque élément répond à une esthétique très étudiée mais la composition globale est floue et sans ordonnancement. L'important est le ravissement visuel que procure le foisonnement de ce lieu. (Laurie, 1986).

En règle générale, la composition des jardins de Rome est marquée par : le respect des règles géométriques ; le reflet d'une volonté de maîtriser la nature et d'organiser l'espace ; l'utilisation d'une multitude de sculptures, liées au polythéisme (pluralité de dieux) ; d'arbre taillés de toute les manières, exemple de buis représentant des animaux ou des inscriptions ; de végétaux variés tel que le cyprès, platane, muriers, aloès, buis, acanthe, myrtes, rosiers, iris, diverses plantes aromatiques et médicinale ; de l'eau jaillissante ; de colonnade, de petits arcs de triomphe ; du bois pour les tonnelles, arceaux, pergolas, kiosque, bancs ; du marbre ou de brique pour les colonnes, terrasses, bassin ... ( Larcher J-L &Gelgon T, 2012).

#### **I.1.6. Les jardins chinois (1600 avant J.-C) et japonais (660 avant J.-C)**

On confond également le jardin Chinois au jardin Japonais. Ce dernier s'est inspiré du jardin chinois. L'âge d'or des jardins Chinois se situe pendant la dynastie (Sarg) où la nature du jardin était présente de façon abstraite et embellis grâce à l'utilisation de l'eau, des pierres, des plantes et d'animaux (Photos 2). Les jardins Chinois et Japonais étaient aux formes irrégulières, ils produisaient des paysages naturels, ils comportaient des éléments naturels tels que les montagnes, les collines, les arbres et les éléments dominants, comme les ruisseaux et les étangs. (Alphand A et Baron E, 1885).



**Photos 2.** Jardin Japonais de Californie

Source : <http://www.dinosoria.com/jardin-japonais.html>

### 1.2. Le jardin au Moyen Age (476 après J.-C)

En générale, les jardins du Moyen Age entre les Vème et VIème siècles manquaient de perspective et de grandeur, subdivisées en carrées d'arbre ou de fleurs assez communs et parfois raccordés avec un rend point circulaire (Lefèvre A, 1871). Deux types de jardins apparaissent à cette époque ; le jardin type à côté des monastères faisant référence du Paradis, apparait alors comme un jardin clos « *Hortusconclusus* », et le jardin des délices à côté des châteaux « *Hortusdeliciarum* » (Larcher J-L & Gelgon T, 2012).

### 1.3. Les Jardins du style islamique (700 après J.-C)

La tradition du jardin était extrêmement répandue dans le monde musulman. Elle était développée dans des régions aussi diverses que l'Iran, le Cachemire et l'Andalousie, dans le but de créer le paradis terrestre. Ceux sont les exemples prestigieux tels que le Tadj Mahal en Inde, le Shalimar au Cachemire et l'Alhambra et Généralife en Andalousie ; L'art des jardins, né en Perse, est largement ravivé par le monde musulman, qui maîtrise parfaitement les techniques d'irrigation (Tom Turner, 2005). Les jardins réalisés sous l'influence de l'islam sont dans l'ordre chronologique: les jardins du Moyen-Orient, les jardins de l'Espagne Andalouse, puis de l'Inde et du Pakistan. L'Alhambra et le Generalife (Photos 3) sont le fruit d'un croisement de connaissances venues d'Orient et d'influences venues du Maroc et issues du bouillonnement intellectuel qui caractérisait Grenade à cette époque (Pigeat, 2002).



**Photos 3.** Jardin du Généralife

Source : <http://www.xn--espaescultura-tnb.es>.

Les jardins islamiques se caractérisent par l'ordre du monde à atteindre. La clarté et la lisibilité sont obtenues par la géométrie qui constitue la pureté et la perfection de la symétrie. Les formes rectangulaires sont également appréciées. Non seulement la disposition typiques

des jardins ou des cours est de forme rectangulaire mais aussi il y a de nombreux éléments comme les fontaines, les pavillons, ou les mausolées (Scilla. P-H, 2004 in Badeche , 2014).

En effet, le jardin arabe peut être décrit telle une oasis riche en massifs colorés et odorants (roses, jasmins, œillets...), en arbres fruitiers (orangers, figuiers, grenadiers, amandiers, pruniers, pêchers...) et en plantes aromatiques (basilic, menthe, verveine, citronnelle...) dont pouvait bénéficier l'homme, les oiseaux et les animaux. Il se caractérise par son espace réduit, la symétrie de son tracé, la couleur et le parfum recherchés des plantes et surtout la place prépondérante de l'eau (bassins, fontaines, canaux...) dans son décor. C'est un espace clos qui comporte des parties monumentales (entrée, pergola, pavillon...) et des mosaïques (dallages, vasques...). Le jardin arabe procure sécurité, fraîcheur, ombre, fruit, fleur et verdure (Llewellyn, 1982).

#### **1.4. Les Jardins du Style Italien (1300 après J.-C)**

La transition entre les jardins du Moyen-âge et ceux de la Renaissance n'est pas brutale. On peut considérer que ce sont les travaux de Léon Battista Alberti (1404-1472), grand écrivain, philosophe, mathématicien et architecte, qui marquent le début de l'art des jardins de la Renaissance, en Italie (Turner, 2005). Les grands architectes de cette époque, en imitant le style des édifices de l'antiquité reproduisent d'instinct, en quelque sorte, comme complément d'ornementation, les parterres, les terrasses ornées de vase et de statues; Ces jardins sont généralement disposés en amphithéâtres, sur des pentes, ils offrent toujours des terrasses, de vastes escaliers, des chutes d'eau, et souvent le relief du sol nécessite des allées obliques ou tournantes qui rompent la monotonie (Alphand A et Baron E, 1885).

La conception des jardins italiens se caractérise par les principes suivants : l'adaptation au terrain avec utilisation des dénivelés et des sources, l'unité par rapport à l'habitation (la villa) ; la création de perspective et l'utilisation d'un grand axe donnant sur un élément riche ; l'aménagement d'allées symétriques bordées de végétaux taillés ; une échelle monumentale : grande terrasse, allée principale ; une échelle individuelle (jardin secret) ; l'utilisation de nombreux végétaux à feuillage persistant, une importance donnée à l'eau (cascade, jets, fontaines, bassins) et l'utilisation des parterres bordés de buis et de fleurs, ornant les premiers plans des bâtiments. (Larcher J-L & Gelgon T, 2012).

#### **1.5. Les Jardins du style Français, style baroque (1450 après J.-C)**

Le jardin à la française, tel les célèbres jardins du château de Versailles (Photos 4), est l'inspiration du concepteur André Le Notre, d'où l'idée d'organiser la nature en donnant une

certaine forme géométrique, symétrique et régulière dont l'harmonie et la perfection comme si une composition d'un œuvre d'art.

Les techniques de conception des jardins classiques, à la française tel que résumées par André sont les perspectives très fortes avec un axe longitudinal principal laissant croire à l'infini, des axes secondaires longitudinaux, transversaux, obliques, caractérisés par un élément remarquable, des allées régulières, plantées conduisant à une réflexion résonnée sur l'ombrage ; une notion de symétrie avec des éléments de part et d'autre de l'axe principal, de même valeur mais non identiques, la réalisation de labyrinthes, salles de comédie, galerie d'eau et de verdure, portiques et berceaux, des allées couvertes ou découvertes bordées de deux ou quatre rangs d'arbres en palissade et la présence de l'eau sous toutes les formes : miroirs, douves, jets d'eau et cascades (Ali khodja, 2011).

L'art des jardins français inspiré des jardins Romains, naquit de la peinture et de l'art plastique en Italie ; se matérialise à Versailles et Paris avec Napoléon III et Haussmann tous les jardins deviennent des prototypes du jardin Européen pendant longtemps, ils sont connus par le type régulier avec une planimétrie rigoureuse et symétrique (Benhassin. T.N, 2009).



**Photos 4.** Jardins du château de Versailles, vue aérienne

Source : <http://andrelenotre.com/2014/02/20/parterre-de-lorangerie-et-piece-d'eau-des-suissees-jardins-de-Versailles-vue-aerienne-en-ete>.

### **1.6. Le Style Anglais, les jardins paysagers (1720 après J.-C)**

Les jardins paysagers anglais apparaissent dès la Renaissance, mais ne deviennent populaires qu'au XVIIIe siècle. L'Angleterre n'accepta jamais de gaieté de cœur les tracés trop intellectuels des italiens ni les grandes planimétries françaises. Charles Bridgeman, très influencé par les peintures représentant des paysages réels et naturels, préconise l'ouverture des jardins sur la nature et condamne l'application des méthodes de taille « au carré » des végétaux. Créer un jardin comme on compose un tableau, une peinture intègre les idées de



conception du 18<sup>ème</sup> siècle pour créer un concept du jardin paysager ayant une grande importance et un usage exceptionnellement vaste. Les caractéristiques que le jardin paysager partage avec l'art classique et le jardin baroque dépendent du principe dérivant de la théorie de la forme de Platon 'l'art doit imiter la nature (Ali Khoudja, 2011).

C'est ainsi que le style chinois influença l'esprit anglais puis fut introduit en Europe par les Anglais au 17<sup>ème</sup> siècle (Hekscher, 1977). Dans son recueil *Les Promenades de Paris* publié en 1868, Alphand a laissé des données sur la conception du jardin paysager selon Brillet-Des champs, sont les suivants : étudier et analyser précisément le relief ; prendre les plantations, comme référence principale de la composition ; disposer les espèces végétales les plus rares sur le gazon pour les mettre bien en vue ; accentuer les perspectives en plantant les arbres selon leur forme et leur couleur ; valoriser l'habitation par regroupement d'espèces à fleurs formant les massifs ; faire prédominer l'espèce commune de région considérée. (Larcher J-L & Gelgon T, 2012). Le jardin à l'anglaise s'oppose à l'Hortus conclusus (jardin clos du Moyen Age), et au jardin à la française, Le jardinier devient paysagiste en créant de l'artifice avec l'apparence du naturel, les murs, les haies sont éliminés au profit de bosquets, rivières, lacs, ponts, etc. l'aménagement paysager est conçu en fonction du lieu (Photos 5).



**Photos 5.** Jardin anglais de Bordeaux, France

Source : [www.fr.wikipedia.org](http://www.fr.wikipedia.org)

## **1.7. Les jardins du XIX<sup>ème</sup>**

### **1.7.1. Le Modèle français**

Durant l'Empire de Napoléon III, celui-là donna l'ordre de réaliser de grands travaux afin de remodeler la capitale et transformer la ville de Paris en une métropole moderne. Il avait choisi pour ce projet George-Eugène Haussmann préfet de la Seine. Haussmann et le service de promenade et plantation définit trois niveaux d'équipement : les grands parcs

suburbains, les parcs urbains, les squares. Cet aménagement de « système vert » donna le lieu à la création d'un mobilier urbain original (Choay et Merlin, 2010).

Le modèle devient la référence du jardin public se répand à travers tout le pays jusque dans ses colonies (Azzouzi A, 2011). Le paysagiste Audoy voyait qu'au XIX<sup>ème</sup> siècle, la nature en ville se décline en promenade plantées, en jardins, squares et parc pour apporter aux citadins, du soleil et du bon air. Durant cette période riche en création du jardin public, le paysagiste mettent en œuvre un style composite emprunté à une nature pittoresque, pour l'urbanisme Haussmannien aux grandes perspectives des jardins classiques (Audoy M, 2002).

### **1.7.2. Le Modèle Américain**

Frederick Law Olmstead était le principal paysagiste aux Etats-Unis et le plus important de la fin du 19<sup>ème</sup> siècle, Le Central Park de New-York été créé en 1858 par Olmstead. D'une superficie de 840 acres il fut le premier parc à grande échelle créé aux Etats-Unis. Il fut conçu sous forme d'une scène rurale paisible et un effort délibéré fait pour filtrer les bâtiments prévus à l'extérieur de l'enceinte du parc (Slavicek, 2009). La principale innovation dans la construction de Central Park était la séparation des voies de circulation entre piétons, cavaliers et véhicules, afin de permettre à tous les types d'habitants de la ville ou de touristes de circuler dans la ville en toute sécurité (Ali khodja. A, 2011).

### **1.7.3. Le Modèle britannique « la cité jardin »**

La ville jardin fut formulée en 1898 par Ebenezer Howard qu'il décrit précisément dans son livre « Tomorrow, a peaceful path to real reform », publié en 1898. Howard est influencé par les travaux de Frederick Law Olmsted ; il élabore sa théorie après une visite de Central Park à New-York (Ali khodja A, 2011). La cité jardin est une ville qui comporte une importante part d'espace vert, d'une organisation fonctionnelle radioconcentrique, où les résidents disposeront de 2400 hectares, dont 5/6 formeront la ceinture autour d'un centre composé d'un quartier administratif et commercial. Autour de ce centre, on trouve Central Park, circonscrit à son tour par Cristal Palace, composé de galerie avec jardin d'hiver. A partir de cet anneau commercial, se déploie la zone habitation de la cité jardin, par la suite, la grande avenue de 70 mètres, qui accueille les édifices publics liés au quotidien tels que les écoles et les églises. Enfin une frontière scientifique s'identifie avec les industries et la voies ferroviaires périphériques (Azzouzi A, 2011). Bien que n'étant pas un biologiste, Ebenezer apporta à l'urbanisme les critères biologiques essentiels: équilibre entre ville et campagne dans un contexte écologique plus large et équilibre entre les diverses fonctions de la ville et

surtout équilibre à travers le contrôle positif de la croissance dans les limites de la surface, du nombre et de la densité d'occupation. (Ali khodja, 2011).

## **2. La notion de la gestion durable des espaces verts**

### **2.1. La notion espace vert, développement durable**

Durant les années 1960-1970, apparaît un nouveau concept dans le vocabulaire paysager, c'est la notion d'espace vert : un terme indéfini désignant un espace planté accompagnant un ensemble d'habitation (Badache H, 2014). En 2009, le CERTU (centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement en France) a donné la définition suivante : sous le terme espace vert sont regroupés tous les espaces végétalisés, arborés ou non, qui prennent place dans le tissu urbain. Qu'ils soient publics ou privés, ouverts ou fermés aux habitants, les espaces verts ménagent une discontinuité végétale entre les zones bâties et les annexes minéralisées. Ils composent un maillage interstitiel de verdure et ils se définissent par opposition aux espaces construits.

La notion d'espaces vert a évolué au fil du temps, vu l'importance de la présence du végétal en ville et l'apparition du principe de développement durable en 1987 dans le rapport publié par l'ONU. Il s'agit de mettre en évidence un mode de développement permettant de penser aux besoins des générations futures.

C'est dans ce contexte qu'est né un programme d'aménagement durable des villes où la nécessité d'introduction de la végétation est envisagée pour modifier d'une façon notable les conditions de vie dans les villes. Il est bien établi que les espaces verts agissent favorablement sur le milieu physique des agglomérations et sur le psychisme de leurs habitants (Chen et al, 2009).

### **2.2. Objectif de la gestion durable des espaces verts**

La conception de la ville durable nécessite l'intégration des espaces verts dans la planification urbaine, les principes écologiques sont devenus le thème primordial de tout projet urbain. Cependant, l'application de ce principe diffère d'un pays à l'autre, des modèles de gestion durable des espaces verts urbain sont apparus, en Europe et en Amérique du nord.

La gestion d'un patrimoine arboré nécessite un vaste ensemble de pratiques arboricoles tant au niveau de sa création ( étude paysagère), choix des essences et des plants, préparation du sol, fertilisation, plantation , paillage, désherbage, protection des tronc, tuteurage, arrosage...) que de son entretien (méthode d'inventaire, surveillance sanitaire, et mécanique, transplantation, abatage, dessouchage... (Drenou, 1999). Or L'objectif d'une gestion durable des espaces verts est de trouver un équilibre entre le confort paysager ou l'agrément du

public, les exigences écologiques et les contraintes pratiques et économiques (Thorez J-P, 2008). Le principe écologique qui repose sur un paradoxe scientifique donne des résultats plus respectueux de l'environnement que la gestion intensive horticole (Aggéri G., 2010). De cette volonté affichée, les politiques urbaines ont consacré depuis une importance considérable aux espaces verts urbains qui sont affectés aux espaces non bâtis (Fadel D, 2016).

Après les années 70, en Allemagne, et à la Hollande, les préoccupations écologiques et surtout économiques, engendrent le changement de direction de l'entretien horticole intensif vers la gestion durable, or la conception des espaces verts a changé rapidement, elle s'appuyait sur des principes écologiques d'où la préservation des écotopes de même type, en assurant l'échange des espèces, par la création des corridors biologiques ; et la diversification des espaces verts. En effet, le respect des exigences écologiques de chaque plante, l'élimination des herbicides, l'interdiction d'utilisation du sel de déneigement, la sensibilisation et l'éducation des populations à l'écologie, l'intégration des citoyens dans tout projet d'espace verts, sont les principes appliqués dans ce mode de gestion durable qui vise à préserver les ressources dans une perspective globale (Aggeri, 2010).

### **3. Le rôle des espaces verts urbains**

Les bienfaits des espaces verts dans les villes ne se limitent pas à l'aspect esthétique ou économique, à cet égard, des études en écologie (Clergeau, 2007) en paysage (Donadiou, 2007), en sociologie (Micoud, 1995) et en psychologie (Chen et al, 2009) s'intéressent au rôle des espaces verts en milieu urbain.

#### **3.1. Rôle écologique**

La teneur en particules microbiennes est variable selon les zones d'habitation. Les végétaux, en fixant les poussières et en sécrétant des substances à propriétés antibiotiques, contribuent à la diminution de la teneur en germes microbiens de l'air (Beauchamp et al., 1995). Les arbres accumulent les polluants de l'air durant les périodes de sécheresse par suite de l'action de filtration à travers le feuillage, efficace dans la prise de gaz, particules, fumées et gouttelettes. Ce phénomène a été depuis longtemps identifié comme bénéfique pour prévenir la qualité de l'air dans les villes (Seaward & Richardson., 1992).

La plantation du lierre sur des murs nus pour capter les particules de poussière fait l'objet d'une attention accrue. Par mètre carré de mur, un lierre peut compter jusque trois à



huit mètres carrés de feuilles et contenir jusqu'à six grammes de particules (Dunnett et Kingsbury, 2004).

Les espaces arborés favorisent également un abaissement des températures (d'où un rafraîchissement de l'ambiance) et une augmentation de l'humidité relative de l'air (un hectare de forêts rejette dans l'atmosphère 30 tonnes d'eau par jour (Simonet **G** et Blanc **N**, 2012). On observe des différences de température en milieu urbain variant de 4 à 8 °C selon qu'il s'agit d'un site ouvert ou d'un emplacement localisé sous la cime des arbres (Beauchamp et al., 1995). Des écarts de températures de l'air d'approximativement 2 à 4 °C ont été observés entre des quartiers urbains dont la couverture arborée variait de façon marquée (Nowak, 2005). En effet, la température maximale de l'air ambiant peut être réduite de 0,04 à 0,2 °C par pour-cent de couverture arborée supplémentaire (Scott et al, 1999).



**Photos 6.** Haies bien taillées, A : Université Batna, B : Université de Constantine

Source : auteur, 2015

Au niveau du sol, les structures végétales de type haie, constituent d'excellents régulateurs, en absorbant tout ou une partie des produits phytosanitaires utilisés en excès sur les parcelles cultivées (engrais, pesticides), limitant ainsi les problèmes de pollution de sols, de rivières ou de nappes phréatiques ( Ababsa M, 2003).

### **3.2. Rôle social et économique**

Aujourd'hui, les chercheurs en écologie, en santé humaine en urbanisme, en sociologie et en psychologie s'intéressent au rôle des espaces verts en milieu urbain. Ses bienfaits ne se limitent pas à l'aspect esthétique économique ou en terme de biodiversité (habitat pour une multitude d'espèces, végétales et animales). Selon Kaplan, 1989 la nature renforce l'attention spontanée, permettent au système sensoriel de se détendre et aiguise la concentration, d'autres travaux montrent que le végétal en ville est une source fondamentale de santé

mentale (Manusset S, 2012), en améliorant la fatigue psychique (Grahn, 2003, Hudson M, 2000) atténuant le stress (Kaplan S, 1992) et renforçant les défenses immunitaires et le bien-être (Beukeboom, 2012).

L'embellissement des villes est un facteur qui détermine amplement leur attractivité, dans une logique de concurrence pour capter le plus de flux touristique et de capitaux. Les espaces verts permettent de susciter un attrait culturel et économique : tourisme identitaire, écoproduits, artisanat à forte valeur ajoutée (Anonyme, 2015). Les arbres sont utiles pour fournir une diversité de couleurs, de formes et de textures dans le paysage, ils adoucissent les lignes architecturales et brisent la monotonie des structures minérales, ils permettent également de créer des espaces privés en formant des écrans visuels (Beauchamp et al., 1995). Bien que quantifier de façon économique la valeur esthétique des arbres soit difficile ; plusieurs chercheurs travaillent actuellement au développement de différents modèles d'évaluation (Price, 2003).

En effet, l'utilisation des murets végétale pour l'isolation phonique sont très rependus (Larcher J-L & Gelgon T, 2012). Depuis quelques années l'équipe de recherche de M. Labrecque à l'Institut de recherche en biologie végétale à Montréal s'intéresse aux barrières sonores faites de branches de saules (*Living Wall*). Au cours des dernières années de telles structures ont été érigées dans la région de Montréal démontrant l'efficacité de celles-ci pour atténuer le bruit causé par la circulation automobile et améliorant grandement le paysage urbain (Labrecque, 2005).



**Photos 7.** Parc El Madina Sousse

Source : Auteur, 2018

Afin de favoriser la conservation des arbres en milieu urbain, plusieurs auteurs développent une approche économique avec, par exemple, des études coûts-bénéfices (Akbari, 2002). En résumé, il apparaît clairement que les bénéfices de la présence des arbres dépasseraient largement les coûts engendrés (Mc Pherson, 2003). Par exemple, une étude de McPherson et Biedenbender (1991) évalue le bénéfice de la plantation de 500 000 arbres dans la ville de Tucson (Arizona) à 2,6 fois son coût. En plus, les arbres ont un impact sur la valeur de ce qui les entoure. Les études sur l'apport des arbres à la valeur marchande des propriétés démontrent que leur présence en accroît la valeur de 7 à 15 % (Beauchamp et al., 1995).

Les arbres ont aussi une valeur dans la mesure où ils permettent de réduire certains coûts. Nous en donnerons ici quelques exemples. Les arbres et arbustes bien positionnés alentour des bâtiments peuvent diminuer les coûts de chauffage en hiver jusqu'à 15 % et les frais de climatisation en été jusqu'à 50 % (Beauchamp et al, 1995). Ainsi, Grâce aux plantes grimpantes, il serait aussi possible de réduire les coûts énergétiques pour une maison conventionnelle de quelque 25 % (Peck et al, 1999).

#### **4. Typologie des espaces verts**

Jusqu'à présent, il n'y a pas de méthode uniforme pour classer les espaces verts publics. Selon Choay.F et Merlin.P, la classification des espaces verts se fait à la base de certains critères tel : la localisation (urbaine, suburbaine, rurale) ; le degré d'aménagement ; le statut de propriété (public, privé, privé ouvert au public) ; le type d'utilisation ; et la fréquentation (quotidienne hebdomadaire, occasionnelle, ...etc.) (Badeche, 2014).

Différents pays ont proposé des classifications distinctes sur la base de la fonction, des caractéristiques dimensionnelles et physiques des espaces verts public (Manlun, 2003). De ce fait, plusieurs auteurs en Europe en Amérique, et même en Asie (Coronio et Muret, 1976. De Vilmorin, 1976. Muret J-P Allain, Y-M, Sabrie M-L, 1987. Fanhua Kong et Nobukazu Nakagoshi, 2005) ont tiré des typologies selon différents critères, la possession, la localisation ...etc. (Annexe 1)

En effet, l'association des ingénieurs des villes de France (AIVF) a présenté une typologie en 1995, elle était très répandue, après deux ans ; Jancel, 1997 à élaborer une autre typologie basé sur cette dernière avec légère modification, et basé sur la gestion écologique des espaces verts (Annexe 1).

En Algérie, une typologie plus simple est utilisée. En fait les catégories programmées par la loi du 2007 relative à la gestion, à la protection et au développement des espaces verts, sont classé comme suit :

1. Jardins botaniques : Réserve à l'éducation, l'enseignement et la recherche scientifique ;
2. Jardins collectifs : Concerne les jardins : • D'un ensemble de quartiers, • Des hôpitaux, • Des unités industrielles ; • Des équipements
3. Jardins d'ornement : Espace aménagé et planté d'arbres d'ornements ;
4. Jardins résidentiels : Aménagé pour le repos et l'esthétique ;
5. Jardins privés : Jardin des habitations individuelles.

En effet, l'article 04 de la loi 07/06 classe 4 catégories d'espace vert :

1. Parcs urbains à proximité de la ville : Ce parc peut contenir des équipements de détente, de jeux, d'attraction, de sport et de restauration.
2. Jardins publics : Espaces publics pour repos.
3. Les forêts urbaines : Tout espace urbain végétal et même les bandes vertes.
4. Les arbres d'alignement : Tous les arbres plantés au bord des voies publiques.

## **5. Normes des espaces verts en Algérie**

La circulaire interministérielle du 31 octobre 1984 fixe les normes minimales indicatives pour la réalisation d'espaces verts en Algérie comme suit :

- Espaces verts inter quartiers (squares, jardin publics) : 4 m<sup>2</sup>/ habitant.
- Espaces verts d'accompagnement pour les ensembles d'habitations : 6,80 m<sup>2</sup>/habitant.
- Espaces verts résidentiels plantés : 1,80 m<sup>2</sup>/habitant.
- Jardin d'enfant pour enfants de moins de 4 ans : 0,2 m<sup>2</sup>/ habitant.
- Jardin d'enfant pour enfants de 4-10ans : 0,8 m<sup>2</sup>/habitant.
- Aires sablées pour jeux libres : 0,50 m<sup>2</sup>/habitant.
- Plaines de jeux pour enfant au-dessus de 10 ans : 3 m<sup>2</sup>/habitant.
- Espaces libres homogènes de rencontre sous forme de placettes, allées de promenade, boulevards : 0,5 m<sup>2</sup>/ habitant.

- Arbres d'alignement à l'intérieur des agglomérations : prévoir l'espacement d'un arbre tous les 5 m, ainsi sur les voies à grande circulation : prévoir l'espacement d'un arbre tous les 10m.

-Espaces verts situés autour des édifices publics et à l'intérieur des structures à vocation socio- économiques et culturelles dont les zones industrielles : 10 m<sup>2</sup>/habitant.

## **6. Le choix des espèces dans les espaces verts**

Le choix des arbres devrait tenir compte de l'aspect esthétique, de la zone de rusticité, des dimensions, et de la forme. Pour minimiser les conflits et réduire les besoins d'entretien, il faudrait visualiser les arbres selon leurs pleines dimensions fonctionnelles avant de choisir un site de plantation. Il devra résulter d'une analyse des paramètres du milieu et il nécessitera, bien sûr, une bonne connaissance des espèces végétales (De Vilmorin, 1976). Ainsi, l'étude du choix du végétal pourra s'orienter sur quatre points : la perception du végétal par l'individu, la prise en compte de l'état des lieux, les types de structures végétales existantes, et les différentes fonctions et rôles du végétal. (Larcher J-L & Gelgon T, 2012). La particularité de chaque essence, sa symbolique, permettent de façonner des paysages différents qui doivent s'intégrer dans le milieu environnant et correspondre au projet paysager (Yaël H et Bonnardot A, 2012).

Cependant, En Algérie les espaces verts et les arbres d'alignements ont été plantés durant l'époque coloniale, ces arbres se sont bien comportés dans l'ensemble ; mais on assiste actuellement à de nouvelles plantations dont le taux d'échec reste parfois élevé, il faut donc tout simplement dire qu'il n'y a pas de choix judicieux fait par les services concernés pour des raisons certainement techniques (Alatou et al, 2001).

### **6.1. La biodiversité**

Les villes abritent de nos jours, un nombre relativement élevé de formations végétales, plantées ou naturelles, reconnues comme un enjeu environnemental majeur à l'échelle internationale et locale (Clergeau, 2007). Leur prise en compte s'impose et s'inscrit dans la dynamique de la gestion durable des villes à partir des efforts locaux ; en fait, plus il y a de plantes aux fleurs diverses plus il y a d'insectes à proximité, de la diversité végétal naît la richesse animale (Pasquet G, 2006).

Néanmoins, il sera mieux d'adapter le choix et la densité des espèces aux contraintes de l'environnement, en utilisant des arbres mieux formés pour surmonter ces contraintes parmi lesquelles de nombreuses pollutions, ainsi des espèces plus diversifiées, donc mieux adaptées aux conditions d'humidité, aux vents, au pH et à la fertilité du sol, et moins sensibles aux

épidémies (Guérin, 1989). La biodiversité urbaine est profondément déterminée par l'organisation, la planification et la gestion de l'environnement bâti, lui-même influencé par des valeurs économiques, sociales et culturelles. Cette biodiversité est complexe, résultat de l'assemblage d'espèces issues de l'horticulture mais aussi d'espèces ayant migré spontanément de leurs habitats naturels vers les villes, ou encore d'espèces issues d'hybridations naturelles entre espèces natives et introduites dans le contexte urbain (Williams & Jackson, 2007; Dearborn & Kark, 2009 in Henry A, 2012).

L'émergence dans les politiques climatiques, ces dernières années, du volet « adaptation aux changements climatiques » valorise la biodiversité, notamment en milieu urbain. En effet, la présence quasi systématique de stratégies d'adaptation basées sur des aménagements de type « toits verts », « murs végétalisés » et « trames vertes » permet d'ancrer le thème de la diversité biologique urbaine dans la fabrique de la ville durable (Simonet G et Blanc N, 2012).

La littérature scientifique va également dans ce sens. Il s'agit d'intégrer la problématique climatique dans les activités de gestion du territoire ; les pratiques sont ajustées grâce à la mise en place de procédures de suivi et de gestion de la biodiversité afin de favoriser l'adaptation des espèces aux nouvelles conditions. Les stratégies de conservation de la biodiversité sont parfois considérées jusqu'à être elles-mêmes des stratégies d'adaptation aux changements climatiques (Naeem et DeFries, 2009).

Selon (Simonet G et Blanc N., 2012) l'adaptation de la gestion des espaces naturels urbains aux changements de variabilité climatique s'appuie sur la priorité donnée aux espèces végétales indigènes considérées les mieux appropriées aux conditions biophysiques régionales. Cependant il est d'une grande importance d'introduire dans les plantations une large diversité d'essences pour éviter les risques potentiellement important de maladies.

Cependant, d'après le rapport de l'Agence Méditerranéenne de l'Environnement (Région Languedoc-Roussillon) en 2003, si les plantes exotiques, introduites volontairement ou fortuitement et aujourd'hui complètement naturalisées, certaines d'entre elles en proliférant dans les milieux naturels y produisent de graves nuisances (perte de biodiversité, modification des écosystèmes).

Enfin, il est bon de se rappeler qu'en milieu urbain, seules quelques espèces sont généralement plantées et que cette pratique est inquiétante. En effet, la diversité des espèces est un facteur qui augmenterait la résilience de la population d'arbres urbains aux stress biotiques et abiotiques (Pauleit et al, 2002).

## **6.2. La pollinisation**

Au cours du 20<sup>ème</sup> siècle, les allergies ont pris une importance spectaculaire parmi elles, les allergies aux pollens avec une végétation qui produit des pollens toute l'année, le risque d'allergie reste permanent surtout pour les sujets allergiques aux pollens (Spertini, 2003). Les dates de pollinisation et les quantités de pollen présentes dans l'air varient fortement d'une année à l'autre, en fonction du temps qu'il fait au moment de la floraison. C'est à dire que l'étude des pollens et des pollinoses ne peut pas être séparée de celle du contexte météorologique (Layachi I, 2012).

La conception des plantations urbaines est un élément central de la problématique de l'allergie pollinique en ville. C'est pourquoi en doit mettre en évidence une réflexion pour mettre en accord les objectifs de végétalisation des villes et la question des allergies aux pollens (Bauchau et Durham, 2004). Une bonne prise en compte du problème des allergies ne passe pas par une suppression de toutes les plantes incriminées, le résultat serait à l'inverse des objectifs sanitaires poursuivis. Il s'agit au contraire d'une réflexion raisonnée sur l'organisation et la gestion des espaces verts. L'allergie ne doit pas supplanter d'autres considérations, mais être un facteur pris en compte dans le choix d'un projet (Oliver G et Thibaudon M, 2013).

## **6.3. Les conditions de vie des arbres urbains**

Le milieu urbain s'oppose au milieu dit « naturel ». Il peut se définir comme l'ensemble des facteurs chimiques, physiques, biologiques et anthropiques qui interagissent sur le territoire de la ville (Bourgerie et Mailliet, 1993). La valorisation et la préservation du patrimoine végétal urbain passe d'abord par la connaissance des conditions de vie des arbres qui le composent (Dardour et al., 2014). Ainsi la sélection d'un arbre qui convient bien aux conditions du sol, à la lumière disponible, à la circulation des piétons, au drainage, à l'espace et au microclimat du site désiré est essentielle pour assurer sa survie à long terme et protéger le public (Adrina et Ambrosii, 2006). Il faut d'abord définir les conditions du site puis faire en sorte qu'elles s'harmonisent avec les exigences et les tolérances des plantes appropriées (Le Gourierrec S, 2012).

### **6.3.1. Contrainte lié à la pollution**

La concentration des différents polluants présents dans l'atmosphère des villes ne dépasse pas, en général, le seuil de toxicité qui provoquerait la mort des arbres. En revanche, leur action

continue et leur combinaison affaiblissent le végétal et augmentent sa sensibilité aux agressions. (Bory et Hervé, 2015), ces polluant pénètrent dans les feuilles par les stomates dont il stimule l'ouverture, cela entraîne l'augmentation de la transpiration et donc une plus grande sensibilité à la sécheresse (Lessard et Boulfroy, 2008). Une des principales causes de la mort de nombreux arbres nouvellement plantés est la sécheresse (Bradshaw et al., 1995).

Parmi les autres polluants atmosphériques chimiques, on peut citer le nitrate de peroxyacétyle (PAN) et l'ozone (O<sub>3</sub>), ces molécules se forment par réaction photochimique entre les oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>), les composés organiques (gaz d'échappement des moteurs) et l'oxygène de l'air. Leur action sur l'arbre se situe surtout au niveau du feuillage qu'ils affaiblissent (Garrec J-P, 2018).

### **6.3.2. Contrainte lié au sol**

Les sols sont souvent très compactés par le piétinement, le tassement et les vibrations. Ce phénomène entraîne une mauvaise aération et donc une croissance réduite des racines. Cela se traduit par une diminution de la capacité d'absorption de l'eau et des sels minéraux ainsi qu'une réduction des associations symbiotiques (Kando L-F, 2012), une conséquence du tassement du sol est l'engorgement qui peut tuer les racines autour des arbres existants. L'ameublissement du sol s'est révélé efficace pour atténuer son tassement (Håkansson et Reeder, 1994; Rolf, 1994).

En milieu urbain, il est souvent indispensable d'assurer la stabilité des sites pour la circulation automobile et les édifices. Les surfaces pavées sont donc fortement tassées ou scellées avec du béton, de l'asphalte, etc. Une nouvelle technique a été introduite afin d'assurer la stabilité des sites et de créer un espace pour l'enracinement en un seul et même endroit (Kristoffersen, 1996). Des graviers ou des pierres de même calibre sont mélangés au sol superficiel, le mélange pierre/sol superficiel est tassé jusqu'à une densité optimale, et de la terre meuble qui est placée dans les vides entre les pierres (Bory et Hervé, 2015).

### **6.3.3. Contraintes anthropiques**

Dans le contexte actuel de la forte urbanisation, la couverture végétale des villes, est fortement dégradée et en grande partie anthropique (Vidra et Shear, 2008, Osseni A-A et al., 2014). L'influence des populations a été remarquable dans le processus de dégradation des plantations. Dans la plupart des villes africaines, le constat est le même. Cela implique que l'intégration des besoins des populations dans la planification de la foresterie urbaine pour



créer les conditions d'une ville écologiquement durable est nécessaire (Bekkouch et al., 2011).

En effet, le choix du végétal devrait être fait en concertation avec les personnes qui auront à vivre avec ces arbres et qui auront à les gérer au quotidien. Ceci de façon à ce que ces arbres soient acceptés et ensuite bien entretenus (Yaël H et Bonnardot A, 1996). Ainsi, l'implication de la population dans les programmes de plantation d'arbres semble produire de bons résultats. D'une part, les programmes communautaires de plantation procurent un meilleur taux de survie des arbres (Beauchamp et al, 1995). Les programmes de sensibilisation des enfants à l'environnement et les activités de jardinage qui leur sont dédiées favoriseraient aussi leur implication en tant qu'adultes. Ceux-ci planteront plus spontanément de la végétation et le taux de vandalisme sur les arbres, de son côté, diminuerait (Lohr et Pearson-Mims, 2005).

#### **6.3.4. Contraintes lié au stress thermique**

Le stress correspond à toute condition de l'environnement qui empêche la plante de réaliser l'expression de son potentiel génétique pour la croissance, le développement et la reproduction (Dubois J ,1991). En effet, le stress thermique est souvent défini quand les températures sont assez hautes ou basses pendant un temps suffisant pour qu'elles endommagent irréversiblement la fonction ou le développement des plantes, ainsi la contrainte thermique est une fonction complexe qui varie selon l'intensité (degré de la température), la durée et les taux d'augmentation ou de diminution de la température (Oukarroum, 2007).

La température est un facteur capital pour la répartition des espèces et la vie des arbres. Les variations de température sont en grande partie responsables des alternances d'activité et de repos de la végétation (Aussenac., 1973). Lorsque la température optimale du développement d'une plante est dépassée le rendement des cultures baisse ; cette température optimale varie d'une plante à l'autre (Hopkins, 2003). En effet, on appelle températures critiques, les températures minima et maxima au-dessous et au-dessus desquelles le végétal est tué. Elles sont extrêmement variables suivant les espèces et selon le stade de végétation (Diehl, 1975).

Les extrêmes thermiques ont tout d'abord un effet limitant pour l'existence des différentes espèces ; d'autre part, elles sont le moteur d'une forte pression de sélection qui

rend les arbres sensibles lorsque les conditions climatiques exceptionnelles apparaissent (froid et sécheresse) (Aussenac., 1973).

Les plantes réagissent aux variations de température en ajustant immédiatement leur activité aux nouvelles conditions. Lorsque les changements du climat thermique sont persistants, les ajustements en jeu impliquent des modifications plus ou moins rapides et durables de leur métabolisme (Cornic, 2007). De ce fait, ces changements imposent la réflexion sur les stratégies à entreprendre pour comprendre les mécanismes mis en jeu par les plantes afin de s'adapter aux nouvelles conditions de l'environnement et de maintenir leur croissance et leur productivité (Belkhodja et Bidai, 2004; Trinchant et al., 2004).

#### **6.3.4.1. La sensibilité des arbres urbains aux basses températures**

La sensibilité des plantes aux températures extrêmes est très variable, certaines sont exterminées ou affaiblies par des baisses modérées de températures, alors que d'autres parfaitement acclimatées, sont capables de survivre au gel (des dizaines de °C en dessous de zéro) (Ferhati., 2007). Le froid exerce des effets défavorables ou bénéfiques sur les végétaux, selon leurs caractéristiques physiologiques et leur stade de développement (Daniel C, 1992). De ce fait, certaines plantes peuvent subir des lésions provoquées par un stress, ce qui signifie qu'elles peuvent montrer des dysfonctionnements métaboliques. Si le stress est léger et de courte durée, la lésion peut être temporaire et la plante peut guérir lorsqu'il est éliminé. S'il est par contre suffisamment important, il peut inhiber la floraison et la production des graines ou encore empêcher la survie de la plante (Hopkins, 2003).

L'acclimatation au froid est un processus complexe impliquant des changements physiologiques et métaboliques sous contrôle génétique. Les plantes qui restent actives pendant l'hiver doivent maintenir leur métabolisme primaire essentiel pour conserver une croissance minimale. Elles doivent lutter contre le froid qui diminue la vitesse des réactions enzymatiques, ce qui a des conséquences sur la plupart des processus biologiques (Stitt et Hurry., 2002). En fait, c'est l'ensemble des perturbations physiologiques entraînées par des températures anormalement basses qui peuvent être à l'origine du dépérissement puis de la mortalité des arbres (Aussenac., 1973).

#### **6.3.4.2. La sensibilité des arbres urbains aux hautes températures**

L'élévation des températures, entraîne généralement des modifications diverses, au niveau des arbres d'interactions complexes qui pourraient intervenir sur la conductance stomatique (Breda N, Garnier A et Aussenac G., 2000). Ainsi, en cas de sécheresse, la plante

stressée essaie de s'adapter par divers mécanismes ; tel, la limitation de l'évaporation (fermeture des stomates); l'augmentation des réserves hydriques ; l'arrêt de l'assimilation carbonique ; et la synthèse des protéines de résistance aux chocs thermiques « heat shock proteins » (Yash Abrol P, 2004).

Les hautes températures pendant un temps suffisant (exemple de durée) endommagent irréversiblement la fonction ou le développement des plantes. Elles peuvent être endommagées par des températures élevées de l'air ou celles du sol (Sung et al., 2003). En fait, la plupart des plantes cultivées craignent les hautes températures, même pendant des laps de temps courts. Une température de l'air entre 45 et 55°C pendant une demi-heure abime directement les feuilles des plantes dans la plupart des cas, et même des températures plus basses (entre 35 et 40°C) peuvent être graves si elles persistent (Hopkins, 2003).

Les températures extrêmes peuvent causer la mort prématurée des plantes, réduisent la croissance et limitent la productivité. Les évaluations s'étendent jusqu'à une diminution de 17 % du rendement pour chaque augmentation en moyenne d'un degré Celsius de la température (Lobell et Asner, 2003).

#### **6.3.4.3. Accumulation des osmoprotecteurs vis-a-vis le stress thermiques**

Les arbres développent des mécanismes de tolérances au niveau des cellules, par l'accumulation des osmoprotecteurs tel (les protéines solubles, la proline, les sucres solubles...etc), ces constituants servent à augmenter la pression osmotique dans le cytoplasme et peuvent aussi stabiliser les protéines et les membranes quand les températures sont défavorables (Breton et al., 2000).

##### **6.3.4.3.1. La chlorophylle**

La température influence le processus photosynthétique que l'on mesure généralement par l'incorporation du CO<sub>2</sub>, par la diminution des réactions métabolismes carbonés, l'inhibition de la photorespiration, le changement de la capacité de transfert d'électrons des membranes photosynthétiques, et la modification de l'activité des enzymes clés intervenant dans le métabolisme carboné et qui peut limiter l'activité photosynthétique (Côme, 1992).

L'effet des hautes températures sur la synthèse de la chlorophylle est observée chez les plantes par la diminution des teneurs en pigments photosynthétiques, cela peut être expliqué par la destruction des membranes thylakoïdiennes cellulaires : une perte de la

compartimentation cellulaire peut en effet inhiber le déroulement des grandes fonctions métaboliques (Cornic et Ghashghaie, 1991), ainsi Miller (1993) a démontré que les températures élevées peuvent provoquer la dénaturation des protéines, l'inactivation des enzymes et la réduction de l'activité photosynthétique du chloroplaste.

En effet, la photosynthèse est sensible à la température qui devient nulle en hiver en dessous de -3 à -4C° (Guehl et al., 1985 ; Choisnel et al., 1990). Ainsi, la tolérance au froid proviendrait de la capacité des génotypes à maintenir une forte concentration en pigments, et à former un appareil photosynthétique fonctionnel à basse température. Un génotype tolérant conserverait une activité photosynthétique, une quantité de chlorophylles a et b et un rapport a/b suffisant pour continuer sa croissance sans pour autant subir des dommages photooxydatifs (Haldimann, 1999). Chez les C3 et C4, les basses températures limitent la phase photochimique et le métabolisme carboné, de ce fait la modification de la composition et des teneurs en pigments seraient donc un caractère d'adaptation au milieu (Foyer et al.2002).

#### **6.3.4.3.2. La proline**

La production et l'accumulation de la proline sont fréquemment associées à un stress tel que la salinité (Mazher et al., 2007), les basses températures (Gleeson et al., 2005), et les hautes températures (Touaba et Alatou., 2017). En réalité, le rôle de l'accumulation de la proline reste encore mal connu. S'agit-il d'un simple symptôme de souffrance ou d'un véritable mécanisme de tolérance (Leal et al.,2003), dont les causes peuvent être multiples : stimulation de la synthèse, détérioration de la capacité de synthèse protéique et la réduction du taux de translocation de l'acide aminé à travers le phloème (Rached Kanouni, 2012).

En effet, l'accroissement de la résistance au gel s'accompagne d'une augmentation de la proline à basse température et à la lumière (Le Saint, 1966). L'accumulation de la proline se comporte différemment dans les feuilles et les racines (Côme, 1992). Ainsi, l'accumulation de la proline durant l'endurcissement au froid a été associée à une augmentation de la tolérance au froid chez plusieurs plantes (Dörffling et al., 1998).

#### **6.3.4.3.3. Les sucres solubles**

Depuis longtemps, il est connu que le taux de sucres augmente considérablement chez des plantes soumises aux différents types de stress (Chunyang, 2013), ainsi la température associée à l'insolation, pourrait être un facteur déterminant pour l'accumulation des sucres (Marguery, 1992), cette augmentation pourrait avoir un rôle de protection des membranes ; la

présence de ces sucres solubles en période de chaleur protégerait les thylakoïdes de l'altération irréversible des membranes et exercerait une action favorable sur la résistance protoplasmique à la sécheresse (Touaba, 2017).

De nombreuses recherches montrent que l'acclimatation des arbres au froid, qui commence à l'automne, est concomitante avec une augmentation de la concentration des sucres dans les cellules (Sakai et al., 1997). Lors d'un stress froid, les sucres jouent le rôle d'osmorégulateurs et de cryoprotecteurs grâce à l'accumulation de sucres solubles dans la cellule. Le plus abondant est souvent le saccharose qui est accompagné de glucose et de fructose (Winter et Huber, 2000). Les sucres peuvent jouer divers rôles dans la protection de la cellule contre le gel : abaissement de la température de cristallisation, réduction de la quantité de glace formée avec, comme conséquence, une diminution des stress hydrique, mécanique, osmotique et ionique (Hatano, 1978).

#### **6.3.4.3.4. Les protéines**

Le stress provoqué par des températures élevées induit la synthèse d'un groupe de protéines particulières (Hopkins, 2003). Les synthèses de ces protéines résultent soit d'un changement brutal de température d'un passage brusque (de 25 °C à 39°C à 41 °C), soit une augmentation régulière de 2,5 °C par heure (Lehout, 2008). Les HSP (Heat Shock Protéines) jouent un rôle dans la protection des cellules. Elles s'accumulent lors d'un stress hydrique, salin ou des températures extrêmes (Wang et al., 2003). Les protéines induites au froid sont codées et régulées par des gènes de réponse aux basses températures (Thomoshov, 1999).

Le stress thermique induit également un stress oxydatif chez les plantes, provoqué par la génération et l'accumulation de superoxydes, de peroxyde d'hydrogène et de radicaux hydroxyles, connus sous le nom d'espèces réactives de l'oxygène ROS (Breusegem et al., 2001) ; les plantes développent des mécanismes de tolérance qui font intervenir une large combinaison de facteurs morphologiques, physiologiques et biochimiques (Monneveux et Belhassen, 1997), En effet, pour contrecarrer leur toxicité, le système de défense anti-oxydative comprend les catalases et les peroxydases, protège les arbres des dommages occasionnés par ce stress (Foyer et Noctor, 2003).

En effet, la plupart des effets de la température sur l'activité des enzymes se traduisent par la modification de la vitesse des réactions car la plupart des réactions enzymatiques obéissent à une loi exprimée quantitativement par l'intermédiaire de la température. Ainsi, la température exerce non seulement un effet très important sur la vitesse maximale de la réaction enzymatique dans des conditions de concentration en substrats saturants, mais elle

peut également modifier l'affinité de l'enzyme pour son substrat (Claude L et François M., in Côme ; 1992).

L'effet des stress abiotiques sur l'activité des antioxydants (catalase et peroxydases) sont variables ; elle augmente dans certains cas, diminue ou reste inchangée dans d'autre (Zhang et Kirkham, 1994, Sudhakar et al., 2001). Les travaux de Wang Huang en 2004 ont démontré que face aux stress hydrique et thermique, l'activité de la catalase baisse et l'effet est plus important lorsque les stress sont combinés, car les peroxydases et les catalases sont des piègeurs des espèces d'oxygène activé (Elstner, 1982 ; Winston, 1990).

Les basses températures peuvent affecter le métabolisme en modifiant le contenu en enzyme, soit en l'augmentant, soit en le diminuant dans les tissus foliaires (Claude L et François M., in Côme ; 1992). Bien que la plupart des enzymes soient plus stables aux basses températures, certains d'entre eux sont spécifiquement inactivés par le froid (Claude L et François M., 1992). L'effet de la température peut aussi induire des changements réversibles dans la conformation de l'enzyme sans entraîner la dissociation de la protéine en sous unités (Chollet et Anderson, 1977).

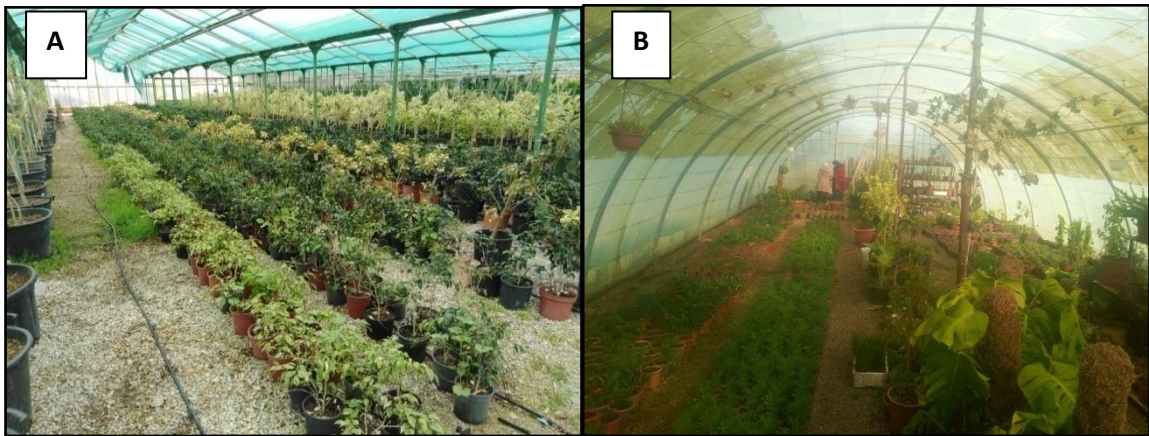
#### **6.4. Plantation et entretien des arbres urbains**

Les chercheurs spécialistes du monde végétal manifestent depuis peu leur intérêt pour le végétal ordinaire en milieu urbain. Les aménageurs paysagistes inventent de nouvelles formes de jardin, pour permettre aux usagers quelques échappées oniriques au cœur des îlots urbains. (Aggéri G, 2010). Le choix du site de plantation joue également un rôle prépondérant. Par exemple, les quartiers résidentiels et institutionnels sont considérés comme de bons sites pour promouvoir les puits de carbone (Nowak, 1993). Dubé et al. (2006) rapportent que dans les quartiers résidentiels, les parcs, les jardins et les institutions, le stockage de carbone serait de 100 à 200 kg par arbre, mais il serait par contre seulement de 50 à 100 kg/arbre dans les boisés et terrains vagues et de moins de 50 kg/arbre le long des voies de transport.

En effet, la pépinière est le lieu de naissance des arbres, arbustes et d'arbrisseaux d'ornement ; où divers procédés horticoles de multiplication : semis, bouturage, greffage, marcottages, sont employés (Barbey, 1970 in Boullard B, 1989). Il est important de choisir une pépinière reconnue pour la qualité de ses végétaux. Les pépinières sont généralement spécialisées dans un type de production (jeunes plants, gros sujets, cultures spécialisées, gamme large). Les pépinières de production sont à privilégier aux pépinières de négoce ou les arbres ne sont pas toujours frais (la fraîcheur des plants est déterminante pour la reprise des végétaux) (Bonnardot et Boutaud, 2001)

A El khroub, en 2013 l'APC a créé l'établissement communal des espaces verts (ECEV), pour la mise en charge et la gestion des espaces verts de la ville, elle dispose d'une pépinière (Photos 8) qui se charge de la production, de la multiplication et de la protection des arbres forestiers, des arbres fruitiers, des fleurs et des rosiers.

La pérennité des arbres ne peut être garantie que par une bonne qualité des plants dès le premiers choix dans les pépinières ainsi l'entretien convenable. Cependant, la méconnaissance ou l'oubli du caractère évolutif de la vie végétale est une source de nombreuses difficultés d'entretien. (Yaël et Bonnardot, 2012).



**Photos 8.** Pépinière ornementale, **A** : Gandouz à Chott Meriem Sousse (Tunisie), **B** : El khroub Constantine. Source : Auteur, 2018.

#### **6.4.1. Transplantation des arbres urbains**

La survie des arbres urbains est fortement liée à leur emplacement. De mauvaises conditions du site et des impacts dus à l'excavation de tranchées sont en effet considérés comme des contraintes majeures pour la survie des arbres (Pauleit, 2002). Ainsi, la transplantation est l'action d'arracher un arbre vivant et de le transporter du lieu où il végétait dans un autre où il doit poursuivre sa croissance. Elle nécessite de nombreuses précautions et ne doit être envisagée que sur des arbres sains et vigoureux. Pour ces raisons, les potentialités de réussite sont évaluées par une personne compétente (Amann N., Bourgey C., 2008). Toutefois, les arbres de plus gros calibre subissent un choc de transplantation plus important que les petits arbres et il faut donc leur assurer un soin attentif. Globalement, les conditions générales des arbres ainsi que leur survie paraissent reliées à l'investissement apporté (Pauleit, 2002).

En d'autres termes, les arbres de petits diamètres, en mauvaises conditions ou dans les zones commerciales, industrielles et de transit ont les taux de mortalité les plus élevés. Les arbres de zones résidentielles de densité moyenne basse ont un taux de mortalité faible (Nowak et al,

1990). De façon générale, on recommande de planter des arbres de bon diamètre car les petits arbres sont fragiles et leur taux de survie est plus faible. Pour les jeunes pousses d'arbres, par exemple, la température du sol ainsi que son humidité ont une influence importante sur leur taux de survie (Childs et Flint, 1987). Au Royaume Uni et en Irlande, le taux de vandalisme sur les arbres nouvellement plantés était particulièrement élevé et pouvait atteindre les 30 %. En fait, ce sont les arbres de plus petits calibres qui étaient généralement plantés (Pauleit, 2002).

En effet, Les arbres étant faibles après leur transplantation, il est indispensable de contrôler leur état sanitaire et de juguler rapidement toute attaque pouvant les affaiblir d'avantage. Il est envisageable de prévoir un programme de traitement phytosanitaire préventif contre les insectes et maladies qu'il n'est pas possible de contrôler curativement (insectes xylophages ou sous-corticaux et maladies chancreuses) (Yaël et Bonnardot, 2007).

#### **6.4.2. La taille des arbres et arbustes d'ornement**

La taille est une opération importante pour l'entretien et la bonne santé des arbres et des arbustes ; Il n'est pas nécessaire d'intervenir tous les ans, mais il faut tout de même être régulier. C'est cette régularité de la taille qui permet de rajeunir en permanence la structure des arbres et des jeunes arbustes, allongeant par là même leur durée de vie. (Rosenn le page, 2011).

Cependant la taille d'un arbre d'ornement est réalisée pour adapter le végétal à des contraintes humaines. Ces contraintes sont pour l'essentiel, d'une part la sécurité des usagers et des biens, et d'autre part, le volume de l'arbre par rapport à l'espace disponible (Drenou C, 1999). Rappelons que la taille est avant tout une blessure faite à l'arbre et donc une porte faite aux agresseurs. Plus la plaie est importante et plus l'arbre mettra du temps à cicatriser, c'est pourquoi la suppression de branches importantes doit être raisonnée (Photos 9). Les travaux du chercheur américain Alex Shigo ont été très importants dans la connaissance des réactions de l'arbre aux blessures (Bourgery et Mailliet, 1993).





**Photos 9.** Taille agressive des Faux poivriers  
(park Boudjafar, Sousse, Tunisie)

Source : Auteur, 2018

En dehors de ces motifs, un arbre d'ornement n'a généralement pas besoin d'être taillé. La taille élimine une partie des réserves (amidon et sucres contenus dans le bois) et de la masse foliaire qui contribue à la vie et à la croissance de l'arbre. L'arbre réagit à une élimination trop importante de branches par la fabrication de rejets, pour reconstituer la surface foliaire. Il est par conséquent nécessaire de ne pas éliminer plus de 30 % du volume initial du houppier (Drenou C, 1999).

La taille des arbustes d'ornement est pour but de régulariser la végétation, rajeunir les touffes et favoriser la floraison. Lors de la plantation, on procède à une taille prudente des arbustes. Cette taille consiste à supprimer tout d'abord les branches grêles, mal placées ou trop nombreuses. Dans les années qui suivent, cette taille est poursuivie modérément. La taille annuelle consiste à supprimer les rameaux qui ont fleuri, afin de favoriser la naissance de jets vigoureux, capables produire et grande fleurs (Barbey, 1970).

La taille annuelle des variétés de rosiers buissons modernes est préférable pour obtenir une floraison abondante, mais n'est pas obligatoire. Taillez les rosiers grimpants tous les ans si vous ne voulez pas voir se dégarnir à la base, les rosiers couvre-sols et arbustifs, très vigoureux, demandent un nettoyage tous les 3 à 4 ans. Les rosiers lianes qui grimpent dans les arbres n'ont pas besoin de taille régulière. Intervenez seulement lorsque les deux partenaires ont l'air de s'étouffer l'un l'autre (Rosenn le page, 2011).



**Photos 10.** Ficus taillé de différente manière à El kantaoui Sousse Tunisie

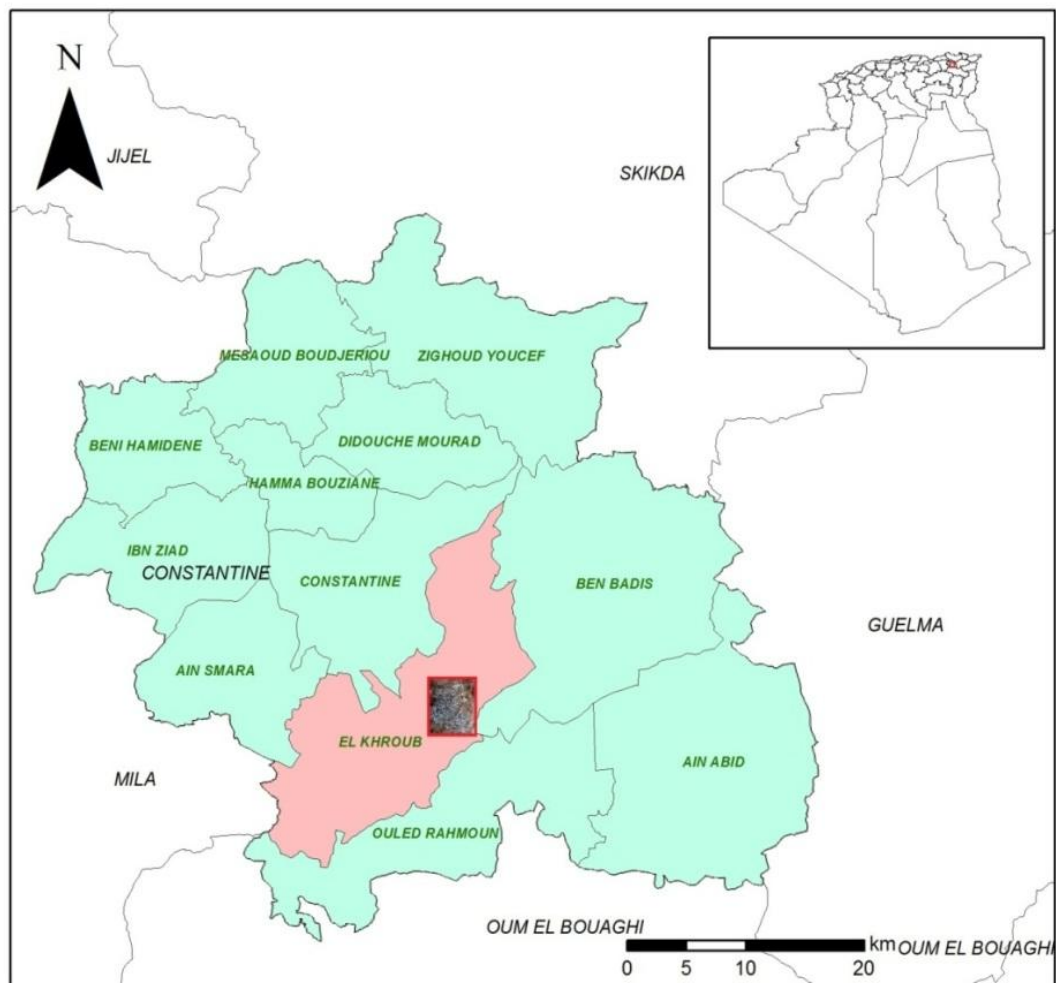
Source : Auteur, 2018

Ces opérations reviennent au gestionnaire, mais l'aménageur doit pouvoir anticiper ces tailles, de la simple taille d'entretien à l'élagage de grosses branches. Il faut avoir en tête qu'un arbre jeune pourra subir de multiples interventions en fonction de son stade de croissance. Ainsi le choix de l'essence conditionne les futures interventions de taille (Battais et al., 2011). La meilleure prévention reste donc de choisir un arbre dont le développement est en accord avec le volume aérien disponible.

## 1. Situation géographique

El Khroub fait partie de l'ensemble de l'atlas tellien. Elle constitue une zone de contact entre le tell au Nord et les hautes plaines du Sud. Localisée au Sud-ouest de Constantine elle devient, Daïra au découpage administratif du territoire de 1984, avec cinq communes : El Khroub, Ain Abid, Ain Smara, El Heria (Ben Badis) et Ouled Rahmoune. La daïra d'El Khroub est considérée comme l'un des noyaux vital du groupement intercommunal après Constantine, elle s'étale sur une superficie de 255.00 Km<sup>2</sup>, son rayon d'influence couvre ne bonne partie de la région Sud-est de la wilaya. (Krid N, 2012)

Notre terrain d'étude est la ville d'El Khroub (Carte 1), elle est connue par son site archéologique abritant le tombeau du roi Massinissa, autour duquel une nouvelle ville qui porte le même nom (Massinissa) est construite.



**Carte 1. Localisation géographique de la ville d'El Khroub**

## **2. La topographie**

Les altitudes extrêmes de la ville d'El Khroub (altitude maximale : 700 (x : 860.2, y : 337.5), altitude minimale : 607 (x : 857.9, y : 336.3)), elle présente une topographie plate dans la plupart des cas et peu accidenté par partie. Ainsi, les pentes repartie en quatre classes variant de 0% à 20%, ce qui témoigne la nature de relief de notre zone d'étude qui est constitué relativement de collines mamelonnées des terrains plats sans obstacles à l'implantation de tous types d'aménagement (conception d'espaces verts) (Ababsa, 2003).

## **3. La pédologie**

On distingue deux principales classes de sols importantes qui couvrent la pédologie du périmètre de la ville d'El khroub, la première classe est celle des sols peu évolués, non climatique d'apport alluvial qui couvre la partie ouest de la ville, caractérisant les basses et les moyennes terrasses , qui s'étale le long de la vallée Boumerzoug, D'après la lithologie de cette zone on trouve les sols modaux vertiques et hydromorphe qui sont de hautes potentialité agricoles. En deuxième catégorie il y a des sols calcémagnésiques, c'est la classe la plus importante dans la couverture pédologique de notre zone d'étude, elle domine presque l'ensemble du périmètre par rapport à la précédente, elles sont caractérisé par les sols brun calcaires vertiques dans la partie nord de la ville et un peu plus bas en allant vers le centre (Kimouche et Djebbloune, 2012). Ces derniers ont comme singularité, les fentes de dessiccation qui rend difficile la pénétration des racines.

Du point de vu physique ces sols présentent une texture assez fine, les horizons de surface sont limoneux-argileuses, ou argilo-limoneuses, la structure est favorable seulement en surface (grumeleuse), tandis qu'en profondeur elle devient prismatique, donc défavorable, En outre, du point de vu chimique, ces sols présentent des teneurs en calcaire total bien caractéristique des sols calcémagnésiques, ces teneurs varient entre 30% - 40% on trouve trois horizons distinctifs. Ainsi, la partie du centre de la ville s'étalant vers le Sud et l'Est jusqu'à la première tranche d'extension de la ville, est occupé par des sols calcémagnésiques bruns calcaires à encroûtement calcaire, ses sol ne sont pas tellement profonds et ce critères constitue une contrainte pour certaines espèces d'arbres urbains (Ababsa, 2003).

## **4. Paramètres climatiques**

La ville d'El khroub fait partie de la région de Constantine qui est soumise à l'influence du climat méditerranéen caractérisé par des précipitations irrégulières, et une longue période

de sécheresse estivale. Ce climat s'identifie par des hivers froids et des étés chauds, dus essentiellement à l'influence de la continentalité.

La moyenne pluviométrique annuelle varie de 400 à 500 mm/an, les précipitations sont très variables. Elles ont un rôle principal dans la régénération des réserves d'eau. La moyenne annuelle des jours pluvieux est de 40 à 60 jours. Elles sont caractérisées par une répartition irrégulière dans l'espace et dans le temps, souvent elles sont sous forme de grandes averses avec des inondations instantanées (Mimoune et Marouf, 2018).

#### **4.1. Les précipitations**

Pour la grande partie du monde, les précipitations représentent la source principale d'eau pour la production agricole. Elles sont caractérisées par trois principaux paramètres : leur volume, leur intensité, les mois et aussi les années (Ramade, 1994).

D'après l'analyse des données recueillies aux près du service météorologique de l'aéroport la région de Constantine reçoit environ 471.41mm de pluie annuellement et une moyenne mensuelle de 39.28mm (Tableau 01).

**Tableau 01.** Régime saisonnier des précipitations de la station de Constantine (2007-2017)

<b>Saison</b>	<b>P mm</b>	<b>répartition</b>	<b>précipitation</b>	<b>régime</b>
Hiver	52.12	156.38	33.91	<b>H</b>
Printemps	51.97	155.93	31.81	<b>P</b>
Eté	09.89	29.68	6.44	<b>E</b>
Automne	27.69	119.18	25.84	<b>A</b>
Totale	461.17	461.17	100	

(Mimoune et Marouf, 2018)

Le tableau 1 montre que les principales périodes de précipitation sont concentrées durant la saison hivernale 33.91% et la saison printanière 33.81%, alors que la saison estivale est la moins pluvieuse.

#### **4.2. Les températures**

La température représente un facteur limitant de toute première importance car elle contrôle l'ensemble des phénomènes métaboliques et conditionne la répartition de la totalité des espèces et des communautés d'être vivants dans la biosphère (Ramade, 2003).

**Tableau 02.** Températures mensuelles minimales (m), maximales (M), moyennes (M+ m/2) et amplitudes thermiques (M – m) de la région de Constantine (Période 2007-2017)

	P (mm)	m (°C)	M (°C)	M+m/2	M-m
Janvier	51.57	2.39	13.2	14.40	10.8
Février	64.55	3.27	13.48	15.12	10.2
Mars	69.75	4.46	15.38	17.61	10.9
Avril	51.8	6.88	20.68	24.12	13.8
Mai	34.38	9.21	25.45	30.06	16.2
Juin	11.81	14.43	31.15	38.37	16.7
Juillet	3.42	18.16	35.56	44.64	17.4
Aout	14.45	18.17	35.03	44.12	16.9
Septembre	39.86	15.24	29.33	36.95	14.1
Octobre	36.09	12.62	24.57	30.88	12.0
Novembre	43.23	6.4	17.73	20.93	11.3
Décembre	40.26	3.65	13.65	15.48	10.0
Total	461.17	114.88	275.21	332.65	160.3
Moyenne	38.43	9.57	22.93	27.72	13.4

(Mimoune et Marouf, 2018)

Les données thermiques de la région de Constantine pour la période de 2007-2017 figurent sur le tableau 02 montrent que la température moyenne annuelle est de 15,71 °C. Les minimums augmentent de Janvier à Août de 2,39 à 18,17 °C, puis elle diminue pour les autres mois. Les températures maximales augmentent régulièrement pour atteindre un maximum en Juillet avec une valeur moyenne de 35,56 °C, les valeurs les plus basses des maximums sont enregistrées en Janvier et Décembre.

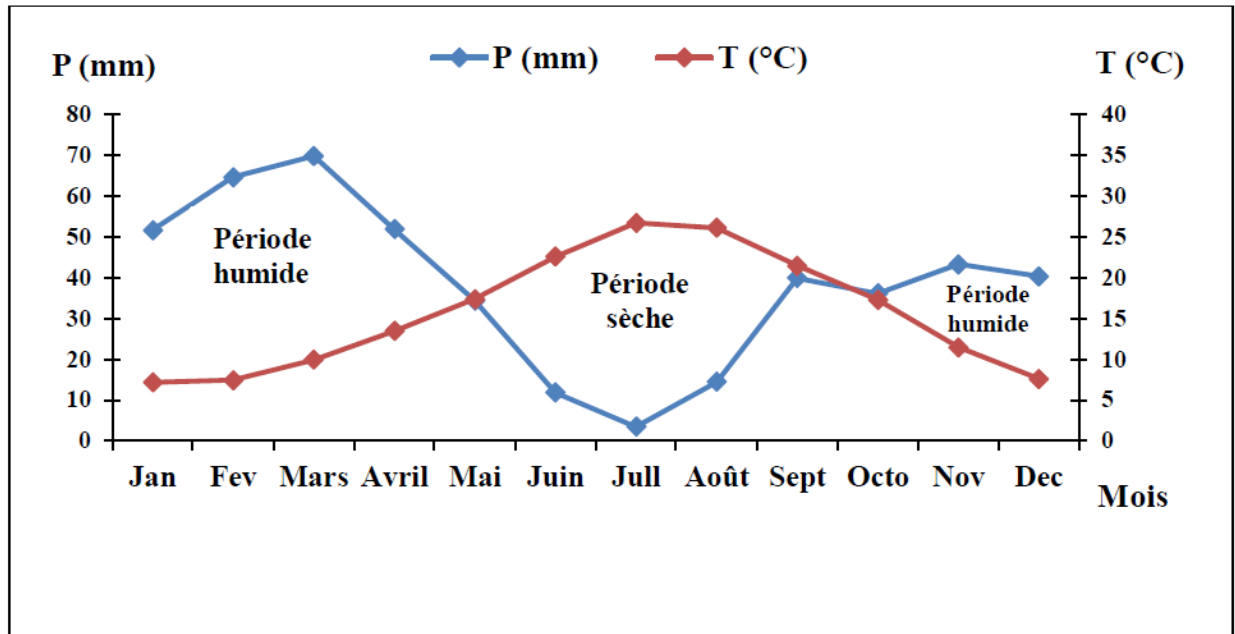
Le tableau 02 montre que pour la station de Constantine, les amplitudes thermiques sont importantes en été, elles varient de 16 à 17°C alors qu'en hiver elles sont de 10 à 11°C.

### **4.3. Synthèse bioclimatique**

#### **4.3.1. Diagramme Ombrothermiques de Bagnouls et Gaussen**

Ces auteurs déterminent la saison sèche par une représentation graphique portant en abscisse les mois de l'année et en ordonnée, à gauche, les précipitations (P) du mois exprimées en millimètres et à droite les températures (T°) du mois exprimées en degrés Celsius. Ils adoptent l'échelle P=2T et considèrent un mois sec lorsque P<2T.

L'analyse du diagramme permet de visualiser une période pluvieuse qui s'étend généralement de la fin septembre au début Mai et une saison sèche dont la durée est de 4 mois et coïncide avec la période estivale, confirmant ainsi la place de notre zone d'étude dans le climat méditerranéen tel que le définit (Emberger, 1942).



**Figure 2. Diagramme Ombrothermique de la région de Constantine pour la période 2007-2017**

La figure 02 montre qu'à Constantine la période sèche s'étale du mi de Mai jusqu'à Octobre, avec une forte sécheresse au court de mois de juillet et le mois d'août.

#### 4.3.2. Climagramme d'Emberger

Emberger a défini pour le bassin méditerranéen un quotient pluviométrique Q2 qui tient compte à la fois la température et la pluviométrie, le calcul de ce quotient est nécessaire pour déterminer l'étage bioclimatique d'une station.

La formule proposée par Emberger (1955) est la suivante :  $Q2 = 2000P / M2 - m2$

Donc, le (Q2) est déterminé par la combinaison des 3 principaux facteurs du climat.

M : moyenne du maxima du mois le plus chaud en degré absolu °K.

m : moyenne du minima du mois le plus froid en degré absolu °K.

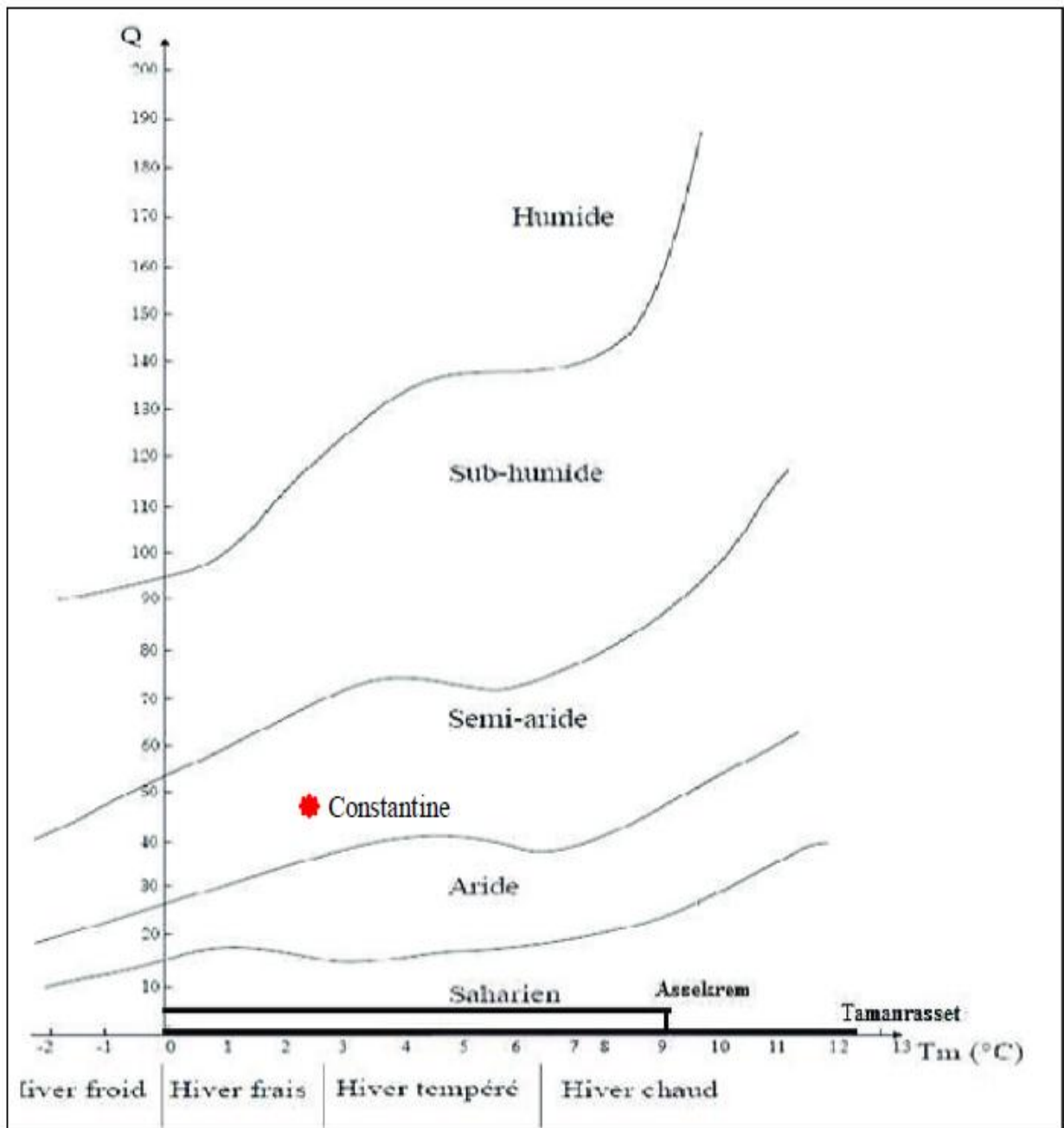
P : précipitation annuelle en mm

**Tableau 03.** Quotient pluviométrique d'Emberger de la région de Constantine (2007-2017)

Pluviométrie annuelle en (mm)	Température				Q2	Etage bioclimatique
	Mois le plus chaud	M(°c)	Mois le plus froid	M (°c)		
461.17	Juillet	35.56	Janvier	2.39	47.23	Semi-aride à hiver frais

Source OMN

Le quotient Q2=48.65, place notre périmètre d'étude dans un climat semi-aride à hiver frais.

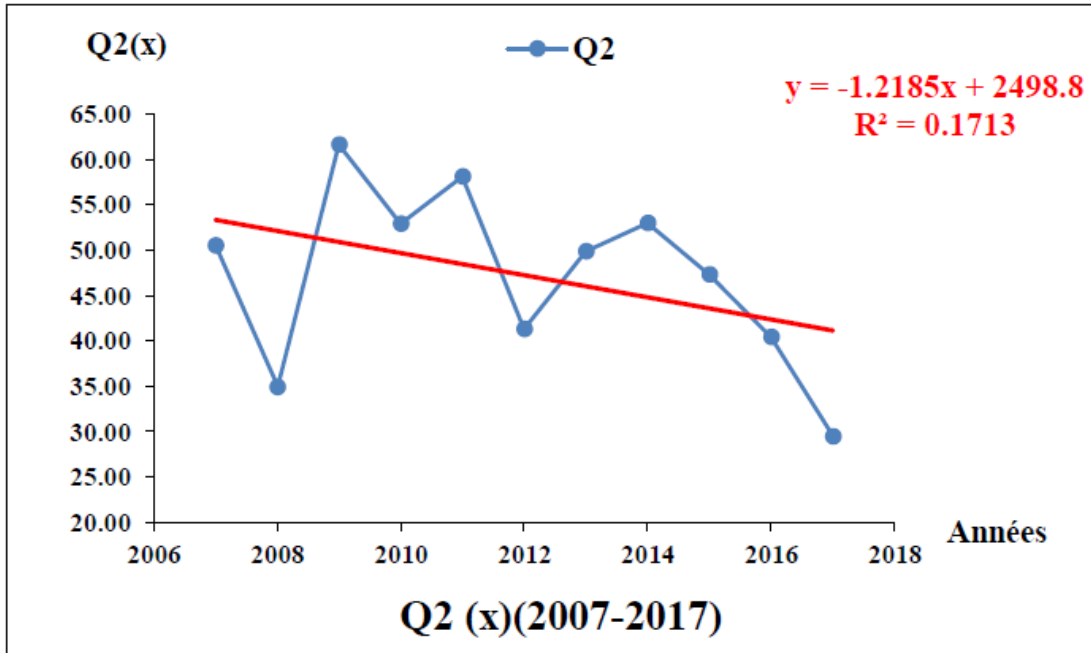


**Figure 03.** Climagramme d'Emberger



❖ **Variation annuelle du Q2 durant la période de 2007-2017**

La figure 04 montre que la valeur minimale de Q2 est enregistrée durant l'année 2017 où il atteint une valeur de 29.54, avec une valeur maximale de 61.61 en 2009.



**Figure 04. Variation du Q2 dans la région de Constantine durant la période 2007-2017**

**4.4. Analyse des stress thermiques pour les saisons hivernales et estivales**

Pour la période s'étalant de 2007 à 2017, nous avons calculé la moyenne des maxima du mois le plus chaud ( $M=36.05^{\circ}\text{C}$ ) et la moyenne des minima du mois le plus froid ( $m=1.89^{\circ}\text{C}$ ) pour mieux définir les périodes froides et chaudes pour la région de Constantine (Mimoune et Marouf, 2018).

**4.4.1. Détermination des stress**

Pour la période froide, une température est stressante lorsqu'elle est inférieure à  $m=1.89^{\circ}\text{C}$  ; pour les périodes chaudes la température est stressante lorsqu'elle supérieure à  $M=36.05^{\circ}\text{C}$ .

Les stress thermiques sont déterminés à partir des quatre paramètres suivants :

**La date du stress**

**La durée du stress** (en heures).

**Le poids** : en degrés Celsius, avec  $1.89^{\circ}\text{C}$  de température minimale comme référence ;

Exemple1 : une température minimale de  $0.2^{\circ}\text{C}$  aura un poids de :  $1.89^{\circ}\text{C} - (0.2^{\circ}\text{C}) = 1.69^{\circ}\text{C}$ .

Exemple2 : une température maximale de 36.8°C aura un poids de : 36.8°C- (36.05°C)=0.75°C.

On fait la somme de ces valeurs pour toute la durée de stress.

**L'intensité du stress** : (en degrés Celsius/heure), c'est le rapport du poids sur la durée ((Mimoune et Marouf, 2018).

#### 4.4.2. Détermination des stress thermiques pour la période 2007-2017

Le nombre de stress thermiques déterminé pour la période 2007-2017 est présenté dans le tableau 09.

**Tableau 04.** Quantification des stress thermiques à Constantine pour la période (2007-2017)

Année	Stress de froid				Stress de chaleur			
	Nombre de stress	Durée de stress (h)	Poids (C°)	Intensité (C°/h)	Nombre de stress	Durée de stress (h)	Poids (C°)	Intensité (C°/h)
2007	23	138	53.62	6.83	27	153	109.85	16.71
2008	61	315	103.42	19.19	32	147	89.85	17.93
2009	20	99	101.87	18.91	25	129	96.6	15.78
2010	30	174	100.11	15.20	20	108	73	11.29
2011	25	117	85.31	13.41	22	111	85.8	16.20
2012	57	453	264.8	25.35	45	249	187.3	29.91
2013	45	303	125.18	16.98	12	57	44.75	8.39
2014	26	168	56.26	7.38	23	120	76.4	13.34
2015	45	243	87.09	14.53	19	78	33.8	6.68
2016	20	87	27.61	4.98	18	75	45.75	10.12
2017	28	198	101.61	11.94	41	222	182.2	29.828
<b>Total</b>	380	2295	1106.88	154.69	284	1449	1025.2	176.19

(Mimoune et Marouf, 2018)

On enregistre 380 stress de froid et 284 stress de chaud, concernant le stress de chaleur, la plus grande durée enregistrée est observée durant l'année 2012 avec 249 heures, où le nombre de stress est égal à 45, alors que l'année 2013 présente moins de stress (150 heures), tandis que la saison hivernale présente 380 stress avec une durée de 2295 heures, dont le plus court est de 87 heures durant l'année 2016 et le plus long est de 315 durant l'année 2008. Il apparait que les années 2008-2012-2013 et 2017 sont les plus froides avec un nombre important de stress ; ces derniers sont observés jusqu'au mois du Mai pour l'année 2008. En effet, les années 2008-2012-2014 et 2017 sont les plus chaudes avec un nombre important de stress ; ces derniers sont observés à partir du mois de Mai jusqu'à Septembre pour l'année 2015 (Mimoune et Marouf, 2018).

## **1. Localisation des espaces verts de la ville d'El khroub**

### **1.1. Le Matériel utilisé**

Le matériel de cette étude est constitué d'espaces verts de la ville d'El khroub à savoir, les accompagnements d'habitations, les ( parcs, jardins, et squares), les accompagnements de voies, les accompagnements de bâtiments publics, les accompagnements des établissements industriels et commerciaux, les espaces verts des établissements sociaux ou éducatifs, les terrains de sports, les établissements horticoles, les cimetières, les arbres d'alignements , et les jardins spécialisées (les jardin d'hôtels et les crèches). Dans cette étude seule la catégorie des jardins particuliers n'est pas prise en considération.

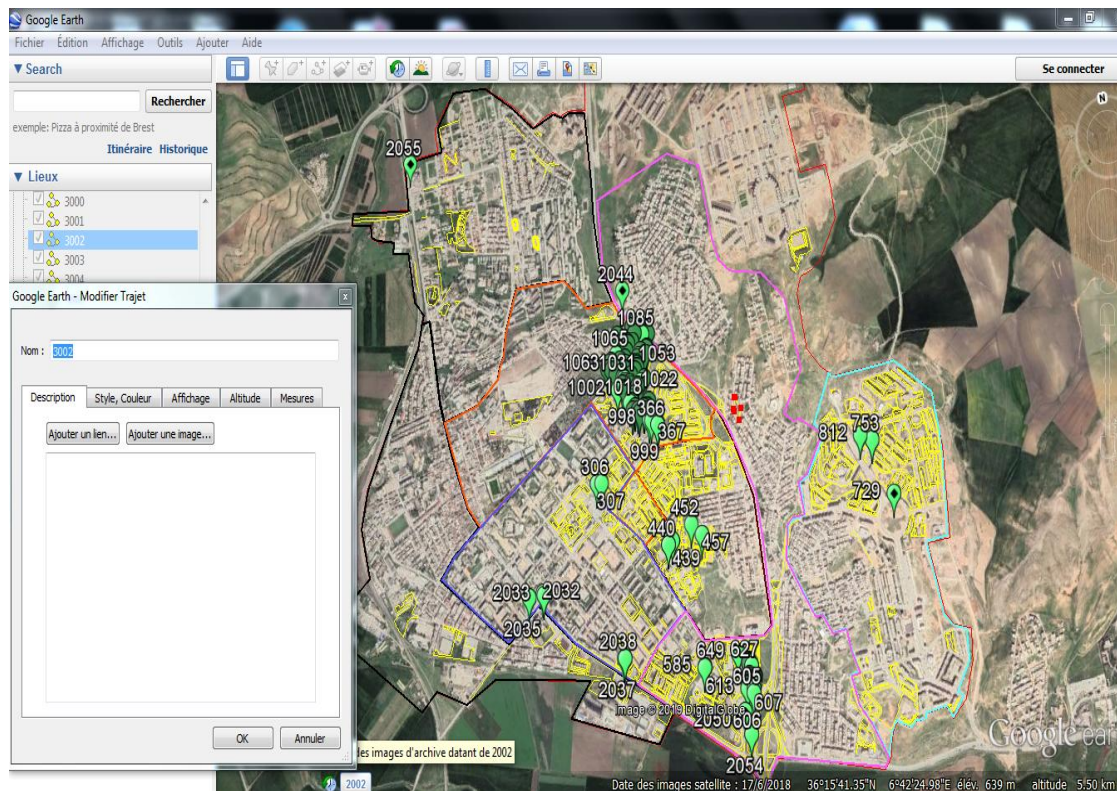
- ❖ **Logiciels utilisées :** Microsoft excel, 2010, Arc Gis, 2012, le logiciel d'observation de la terre (Google Earth).

### **1.2. Méthodologie du travail**

La méthodologie adoptée dans ce travail consiste à crée une base de donnée, pour mettre en place un système d'information géographique (SIG), en vue de tirer une typologie adéquate aux espaces vert urbain de la ville d'El khroub; Pour cela il a fallu être le plus exhaustif et analyser toutes les caractéristiques des espaces verts et d'éclairer les fonctionnalités des SIG pouvant servir à les gérer durablement selon notre objectif de recherche.

#### **1.2.1. Inventaire**

L'inventaire quantitatif est l'opération préalable à l'application de la gestion différenciée. Il permet de localiser les différents espaces verts, de connaître la surface à entretenir, les tâches d'entretien, et leur fréquence. De ce fait, la première étape adoptée dans ce travail consiste à vectoriser, localiser et recenser les espaces verts de la ville d'El khroub à l'aide du logiciel Google Earth ; les images utilisées appartiennent au satellite Spot datant du 20.07.2017. Les espaces verts sont délimités après vérification sur le plan d'équipements de la ville et selon la définition de la loi Algérienne du 7 octobre 2007 relative à la gestion, à la protection et au développement des espaces verts (Annexe 3).



**Photos 11.** Vectorisation des espaces verts de la ville d’El Khroub dans Google Earth

### 1.2.2. Définition d’une typologie

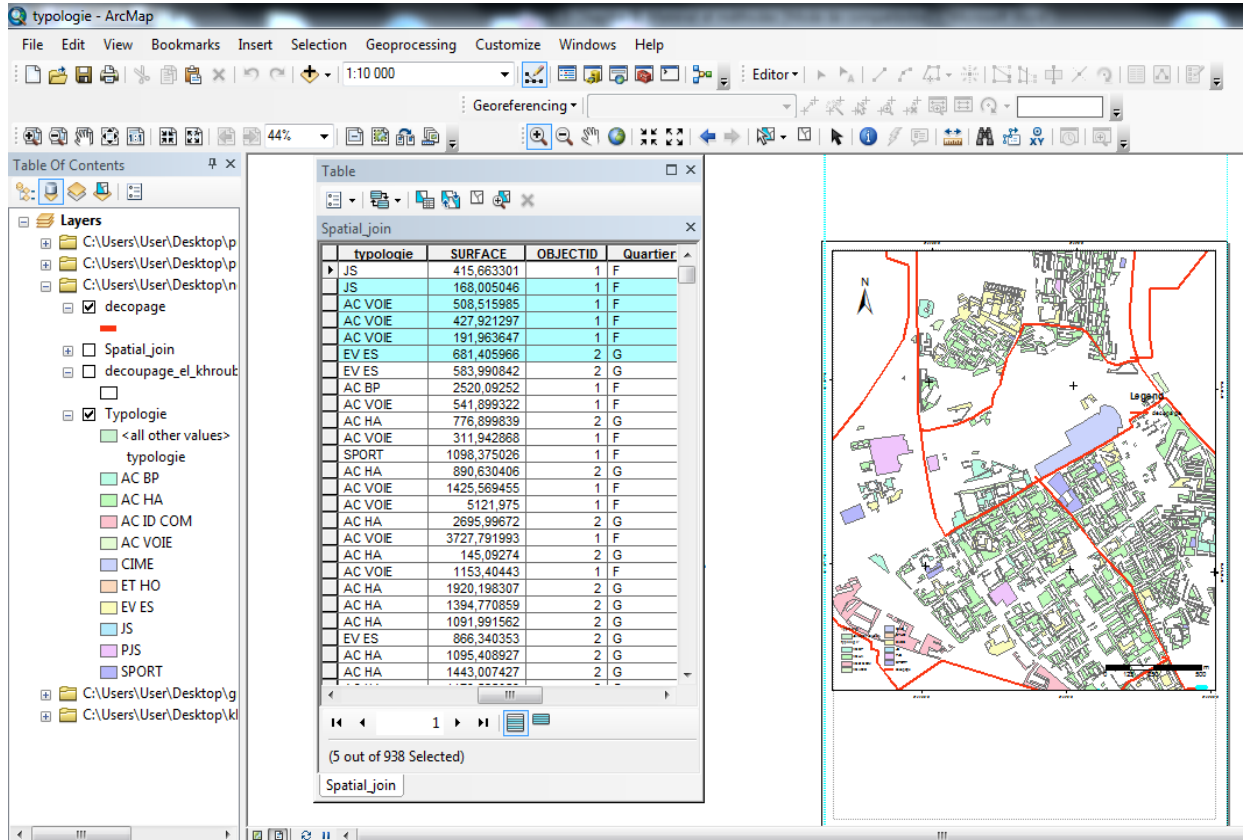
Cette typologie établie permet de bien définir le patrimoine vert de la ville d’El khroub, pour en savoir plus sur le plan de gestion différencié. Une description de chaque espace vert est réalisée pour dégager toutes les caractéristiques liée à leur fonction, selon la typologie du Jancel (1997) (Annexe 1), cette dernière est basée sur les caractéristiques influant sur la gestion écologique, et basée surtout sur la fonction des espaces verts, avec suppression de deux types (camping, et les milieux naturel aménagé) ne sont pas disponible, et une modification des jardins familiaux par jardins spécialisées regroupant (les jardins des hôpitaux, et les jardins d’hôtels, jardin verger, jardin particuliers), afin de tirer une typologie adéquate au espace verts de la ville d’El khroub. Pour vérifier et compléter certaines informations des sorties terrain ont été effectué.

### 1.2.3. Etablissement d’un plan de gestion

En dernier on a classé les espaces similaires, et leur offrir un code d’entretien et de gestion, chaque code est composé d’espaces qui ont la même fonction dont la gestion peut être similaire, ainsi les mêmes descriptifs précis des tâches à accomplir comprenant les fréquences de passage et le matériel à utiliser pour arriver au mode de gestion le plus adapté en tenant compte de sa fonction, localisation, situation, utilisation, superficie.

### 1.2.4. L'intégration des données

L'intégration des observations recueillies dans la base de données du système d'information géographique (SIG) afin d'élaborer les cartes de la typologie, la densité, le ratio, le taux de recouvrement et le mode de gestion proposer par quartier (Amontcha Adéréwa et al, 2017).



**Photos 12.** Intégration des données dans le SIG

❖ **La densité**

La densité est calculée selon la formule suivante :  $Dq = N \text{ ev} / S$

**Dq** : densité des espaces verts d'un quartier

**N ev** : nombre des espaces verts (tous les types) d'un quartier

**S** : superficie d'un quartier

❖ **Le ratio**

Le ratio est calculé selon la formule suivante :  $Rq = S/p$

**Rq** : ratio des espaces verts d'un quartier

**S** : surface des espaces verts publics d'un quartier

**P:** l'effectif de la population d'un quartier

❖ **Le taux de recouvrement**

Le taux de recouvrement est calculé selon la formule suivante :  $Trq = (Sev/St) * 100$

**Trq :** taux de recouvrement d'un quartier

**Sev :** surface des espaces verts d'un quartier

**St :** surface totale d'un quartier

## 2. La diversité des ligneux de la ville d'El Khroub

La diversité des strates arborées arbustives et herbacée est inventorié à partir des observations sur terrains et confirmé à l'aide des données collectées de différentes sources : l'établissement communal des espaces verts, direction de l'environnement, conservation des forêts.

## 3. L'enquête questionnaire

### 3.1. L'échantillon

On prendra donc un échantillon le mieux représentatif. Au sens strict, en statistique mathématique, un échantillon est représentatif s'il a été obtenu selon les règles qui font que tout membre de la population a la même probabilité d'être choisi pour en faire partie.

On effet, plus la population est importante, plus on a besoin d'un échantillon de plus grande taille. Cependant, lorsqu'il s'agit de très grandes populations, la taille de la population n'a plus d'influence sur la taille de l'échantillon. Ainsi, plus la population mère qui vous intéresse est diverse et présente des caractéristiques variées, plus il faudra interroger de personnes. A l'inverse, plus cette population est homogène et moins il faudra interroger de personnes. (Ali khodja, 2011)

Formule de calcul de la taille de l'échantillon :  $n = z^2 \times p (1 - p) / m^2$

**n** = taille de l'échantillon

**z** = niveau de confiance selon la loi normale centrée réduite (pour un niveau de confiance de 95%,  $z = 1.96$ )

**p** = proportion estimée de la population qui présente la caractéristique (lorsque inconnue, on utilise  $p = 0.5$  ce qui correspond au cas le plus défavorable c'est-à-dire la dispersion la plus grande)

**m** = marge d'erreur tolérée (par exemple on veut connaître la proportion réelle à 7% près)

Cette formule détermine le nombre de personnes **n** à interroger en fonction de la marge d'erreur **m** que l'on peut tolérer sur une proportion de réponses **p**.

$$\diamond n = (1.96)^2 \times 0,5 (1 - 0,5) / (0.07)^2 = 200 \text{ personnes}$$

### 3.2. Le questionnaire

Une enquête a été menée le mois de décembre 2018, pour d'évaluer la demande sociale en matière d'espace vert afin de déterminer la nature des espaces verts fréquentés, des espaces verts auxquels aspire la population, les raisons qui poussent la population à fréquenter l'espace vert ainsi que les activités que la population pratique ou désire pratiquer et par là même les équipements nécessaires à la pratique de ces activités. Ceci définit en même temps la place que doit occuper l'espace vert dans notre planification urbaine. Cette enquête est basée sur le questionnaire (Annexe 2).

L'enquête a donné lieu à 200 entrevues dont deux catégories d'échantillons, la première concerne les habitants Khroubis et la deuxième s'intéresse au gens qui travaille dans les services prennent part dans la création et la gestion des espaces verts urbains de la ville d'El Khroub (la Wilaya, la circonscription, la conservation des forêts, la direction de l'environnement, et l'assemblée populaire communale (APC), l'ECEV l'établissement communal des espaces verts). Le questionnaire proposé est constitué de 28 questions, divisé en trois principales parties afin d'identifier les envies, le ressenti et le comportement des habitants de la ville envers les espaces verts publics. La première partie est la fiche d'identité qui comprend l'âge et le sexe des enquêtés, la deuxième est une introduction au thème pour que le sujet soit bien clair comprend la fréquentation, et les connaissances sur la conception des espaces verts et la dernière traite les envies, les désirs et la demande sociale des habitant de la ville d'El Khroub en matière d'espace vert.

## 4. Analyses biochimiques sous stress thermique

### 4.1. Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé dans cette étude est constitué des semis des espèces suivants : *Fraxinus angustifolia*, *Melia azedarach*, *Maclura pomifera*, *Acacia heterophylla* Willd, et *Phytolacca americana* (Annexe 3), âgées de 2 ans fournis par la pépinière de Djebel Ouahch (Constantine). Les plants sont élevés dans les conditions naturelles placés dans des sachets en plastique contenant de sol issu de cette pépinière.

### 4.2. Traitements appliqués

Les jeunes plants sont placés dans l'étuve ou le congélateur pendant 3 heures, pour les températures suivantes (38°C, 42°C, 44°C, 2°C, -2°C, -6°C). Après chaque stress l'extraction des marqueurs (proline, sucres solubles, protéines) est réalisée au niveau des feuilles des tiges et des racines des *Fraxinus angustifolia*, *Melia azedarach*, *Maclura pomifera*, *Acacia heterophylla* Willd, et *Phytolacca americana*; mais l'extraction des chlorophylles, catalases et peroxydases est effectuée au niveau des

feuilles. Les résultats sont comparés à un témoin où les plants sont élevés en chambre de culture semis contrôlée variable entre 20°C et 25°C.

### **4.3.Méthodes de dosage des paramètres biochimiques**

#### **4.3.1. Dosage des pigments chlorophylliens**

La méthode utilisée est celle de Mac Kinney (1941) et Arnon (1949). Elle consiste à prendre 100 mg de la matière fraîche composée des feuilles des semis *Fraxinus angustifolia*, *Melia azedarach*, *Maclura pomifera*, *Acacia heterophylla Willd.*, et *Phytolacca americana* et placée dans un tube à essai. On ajoute ensuite 10ml d'une solution préparée à partir 75% d'acétone et de 25% d'éthanol. On les conserve dans des boîtes fermées pendant 48heures à 30°C et à l'obscurité. La densité optique est mesurée à 663nm pour la chlorophylle (a) et à 645nm pour la chlorophylle (b)

Les concentrations en chlorophylle (a) et (b), exprimées en mg/g-1MF sont données par les deux formules suivantes :

$$\text{Chl (a) (mg/g MF)} = 12.3 \text{ DO (663)} - 0.86 (645)/10$$

$$\text{Chl (b) (mg/g MF)} = 9.3 \text{ DO (645)} - 3.6 (663)/10$$

#### **4.3.2. Dosage des sucres solubles**

Les sucres solubles totaux sont dosés par la méthode Dubois et al. (1956). Elle consiste à mettre 100 mg de matériel végétal dans des tubes à essai, on ajoute 3 ml d'éthanol à 80% pour faire l'extraction des sucres, puis on laisse à température ambiante pendant 48 heures à l'obscurité. Au moment du dosage, on filtre le contenu et on ajoute 20ml de l'eau distillée. Dans des tubes en verre, on met 1 ml de la solution à analyser, on ajoute 1 ml de phénol à 5 % puis on ajoute rapidement 5 ml d'acide sulfurique concentré à 1,86N puis on place les tubes au bain-marie pendant 15 à 20mn à une température de 30°C. La lecture de la densité optique est effectuée sur une longueur d'onde de 490nm.

Les teneurs en sucres solubles sont calculés par l'équation suivante :

$$Y = \text{DO} \cdot 1.657 \mu\text{mol/mg MS}$$

#### **4.3.3. Dosage de la proline**

La méthode suivie est celle de Troll et Lindsley (1955). Elle consiste à prendre 100 mg de matière fraîche dans des tubes à essai contenant 2 ml de méthanol à 40%, le tout est chauffé à 85°C dans un bain-marie pendant une heure. Après refroidissement, on prélève 1 ml d'extrait auquel il faut ajouter : 2 ml d'acide acétique, 25mg de ninhydrine, 1ml de mélange contenant :

120ml d'eau distillée, 300ml d'acide acétique, 80ml d'acide orthophosphorique, le tout est porté à ébullition à 100°C pendant 30minutes. Après refroidissement, l'ajout de 5ml du toluène et



l'agitation au vortex permet de distinguer deux phases (une phase supérieure est une phase inférieure). Après récupération de la phase supérieure, 5mg de sulfate de sodium oxyde (Na<sub>2</sub> SO<sub>4</sub>) sont ajoutés pour éliminer l'humidité. Après 48 heures, on détermine par spectrophotomètre la densité optique des échantillons à une longueur d'onde  $\lambda = 528\text{nm}$ . Les valeurs obtenues sont converties en teneur de proline à partir de la courbe d'étalon dont la relation est la suivante :

$$Y = DO \cdot 0.62 \mu\text{mol/mgMS}$$

**Y** : teneur en proline

**DO**: densité optique

**MS** : matière sèche

#### 4.3.4. Dosage des protéines

Les protéines solubles sont dosées selon la méthode de Bradford (1976), se basant sur le principe qu'en milieu acide les protéines forment des complexes avec certains colorants organiques, le plus souvent les colorants azoïques à groupements acides sulfoniques qui se fixent sur les groupements protonés des chaînes latérales des acides aminés basiques (Lysine-Arginine-Histidine) et sur le  $\alpha$ -NH<sub>2</sub> libre de la chaîne polypeptidique pour une structure primaire donnée, le colorant utilisé est le bleu de Coomassie G250, en se liant à la protéine, il est convertit de la forme ronce en la forme bleu. Ce complexe présente un maximum d'absorption à 595 nm. La coloration très sensible, peut être effectuée très rapidement et reste stable pendant 30 mn.

##### ❖ Préparation du réactif de Bradford

- Dissoudre 100 mg de bleu de coomassie G250 dans 50 cm<sup>3</sup> d'éthanol à 95% ;
- Rajouter 100 cm<sup>3</sup> d'acide phosphorique H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> à 85 % ;
- Compléter à 1 dm<sup>3</sup> avec l'eau distillée ;
- Conserver à l'obscurité, à la température de laboratoire.

A un volume d'extrait protéique (100µl), on ajoute 1ml de solution de bleu de Coomassie. On laisse la coloration se développer au moins 5 min et au maximum 30 min, l'ensemble est, ensuite, passé au spectrophotomètre pour lire l'absorbance à 595 nm. Dans chaque aliquote la concentration des protéines, en mg/g MF, est déterminée en se référant à la courbe d'étalonnage établit à l'aide de concentrations variées d'une solution de BSA allant de 0 à 250 µg /ml.

La concentration des protéines est déterminée à partir de l'équation de régression de la courbe d'étalonnage. Concentration des protéines en: **mg /MF = 1 / 19.556 X Absorbance**

#### 4.3.5. Dosage de l'activité catalase

L'activité de la catalase est mesurée par la diminution de la densité optique à 240 nm ( $\epsilon = 0.036 \text{ mM}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ ) due à la consommation de  $\text{H}_2\text{O}_2$  (Aebi, 1984).

Le milieu réactionnel est formé de :

-  $\text{NaH}_2\text{PO}_4 / \text{Na}_2\text{HPO}_4$  (50mM, pH 7)

-  $\text{H}_2\text{O}_2$  (10mM)

La réaction est déclenchée par l'ajout de l'extrait protéique. La catalase catalyse la dismutation du peroxyde d'hydrogène en dioxygène et eau selon l'équation suivante:



La catalase utilise  $\text{H}_2\text{O}_2$  généré par les oxydases tissulaires comme substrat aussi bien qu'un accepteur d'hydrogène. L'activité de la catalase a été mesurée par la méthode de Chance et Maehly (1955). La décomposition de  $\text{H}_2\text{O}_2$  a été déterminée en suivant le déclin dans l'absorbance à 240 nm pendant 12 min.

Le mélange réactionnel de 3 ml contient 50mM de la solution tampon phosphate (pH 7), 10mM de  $\text{H}_2\text{O}_2$  fraîchement préparé dans du tampon phosphate 0.5M à pH 7 et 0.1ml de l'extrait enzymatique. La cuve de référence contient le tampon et le  $\text{H}_2\text{O}_2$  sans l'extrait enzymatique.

#### 4.3.6. Dosage de l'activité peroxydase

Les activités de peroxydase ont été mesurées selon la méthode de Chance et Maehly (1955). L'activité enzymatique est suivie en fonction du temps à l'aide d'un spectrophotomètre par mesure de l'absorbance à 470 nm.

L'extraction de la GPX est réalisée à partir de 500 mg de matière végétale fraîche par 6 ml de tampon phosphate (50 mM, pH 7), dans de la glace. Après une centrifugation de 10 min à 5000 g, le surnageant est récupéré et maintenu à 4°C jusqu'à utilisation.

L'activité totale des peroxydases est calculée à partir de l'équation suivante:

$$\text{Activité totale} = (\Delta \text{DO} / \Delta t) \times (1 / \delta) \times (V_c / V_{\text{ext}})$$

$V_c$ : volume de la cuve (1 ml)

$V_{\text{ext}}$ : volume de l'extrait protéique

$\delta$ : coefficient d'extinction = 26.6 mM / cm

$\Delta \text{DO} / \Delta t$ : pente de la courbe de la densité optique en fonction du temps.

L'activité spécifique des peroxydases est calculée à partir de l'équation suivante :

$$\text{Activité spécifique (U/ mg protéine)} = \text{Activité totale} / \text{quantité des protéines}$$

### **5. L'analyse statistique**

Les résultats sont soumis à une analyse de la variance à un ou deux facteurs fixes de classification, les histogrammes présentés, rejoignent des valeurs moyennes encadrées par leurs écart-type, les moyennes sont comparées selon la méthode de Newman et Keuls, basée sur la plus petite valeur significative, en plus des corrélations établies entre les différentes variables, utilisant le logiciel Excel Stat (version, 2014). On considère que les résultats sont significatifs quand  $P \leq 0.05$ . Pour déterminer la dépendance et la proportionnalité inter-variables, le degré de coefficient de signification des corrélations ( $r$ ) est calculé au seuil de 5 % ( $P = 0,05$ ).

## **1 .Gestion des espaces vert de la ville d'El khroub**

### **1.1. L'application d'un SIG pour gérer les espaces verts de la ville d'El khroub**

Aujourd'hui, les préoccupations des services de gestion des espaces verts de la ville d'El khroub sont de trouver un compromis entre le coût de création et d'entretien et la durabilité de celle-ci, ainsi la conception durable passe inévitablement par une prise en compte des contraintes de gestion pour les choix d'aménagements, de matériaux et d'équipements. Un espace facile à entretenir sera mieux entretenu et donc mieux respecté par les usagers. L'objectif de cette partie est de concevoir une base de données afin d'établir une typologie pertinente des espaces verts représentatifs de la ville, d'éclairer les fonctionnalités des SIG au sein des services de gestion techniques, et de proposer un mode de gestion adéquat.

Les données ont été collecté grâce à des sorties sur terrain en élaborant des fiches techniques, nos information ont été complété par l'ECEV et l'APC de la ville d'El khroub, pour analyser les caractéristiques, les fonctions des espaces verts et la viabilité de la diversité floristiques existante. Elles nous ont permis d'établir une base de travail et de compléter nos informations ainsi que de mettre en place un système de gestion de base de données. Nous avons dû traiter des données d'informations géographiques et les convertir dans le même système de projection, en données environnementales de recensement pour chaque espace vert, des photographies aériennes, des tableaux informatiques, des articles... etc.

Pour organiser notre système de gestion de base de données, il faut établir un modèle conceptuel de données de celui-ci qui permet d'organiser les attributs des différentes entités. La réflexion portait sur la typologie et le mode de gestion adéquat à chaque espace vert définit par ce projet. Tous ces objets sont représentés cartographiquement par un point (arbre), une ligne (arbre d'alignement) ou un polygone (un espace vert). Les applications en matière d'espaces verts sont multiples. Pour n'en citer que deux : par exemple, on peut obtenir une fiche d'informations concernant une parcelle et connaître le genre, l'espèce, la variété, la hauteur de chaque arbre présent sur la parcelle ainsi que leur coût. De même, si on souhaite faire des aménagements sur une parcelle dont on veut estimer le coût des travaux de réalisation, on peut faire un « devis » à partir des données existantes concernant les aménagements réalisés précédemment. En Fait, la prise en compte de la gestion ultérieure du site, les choix d'aménagement devront être adaptés au contexte urbain, aux usages, au public concerné et à la fréquentation de l'espace.

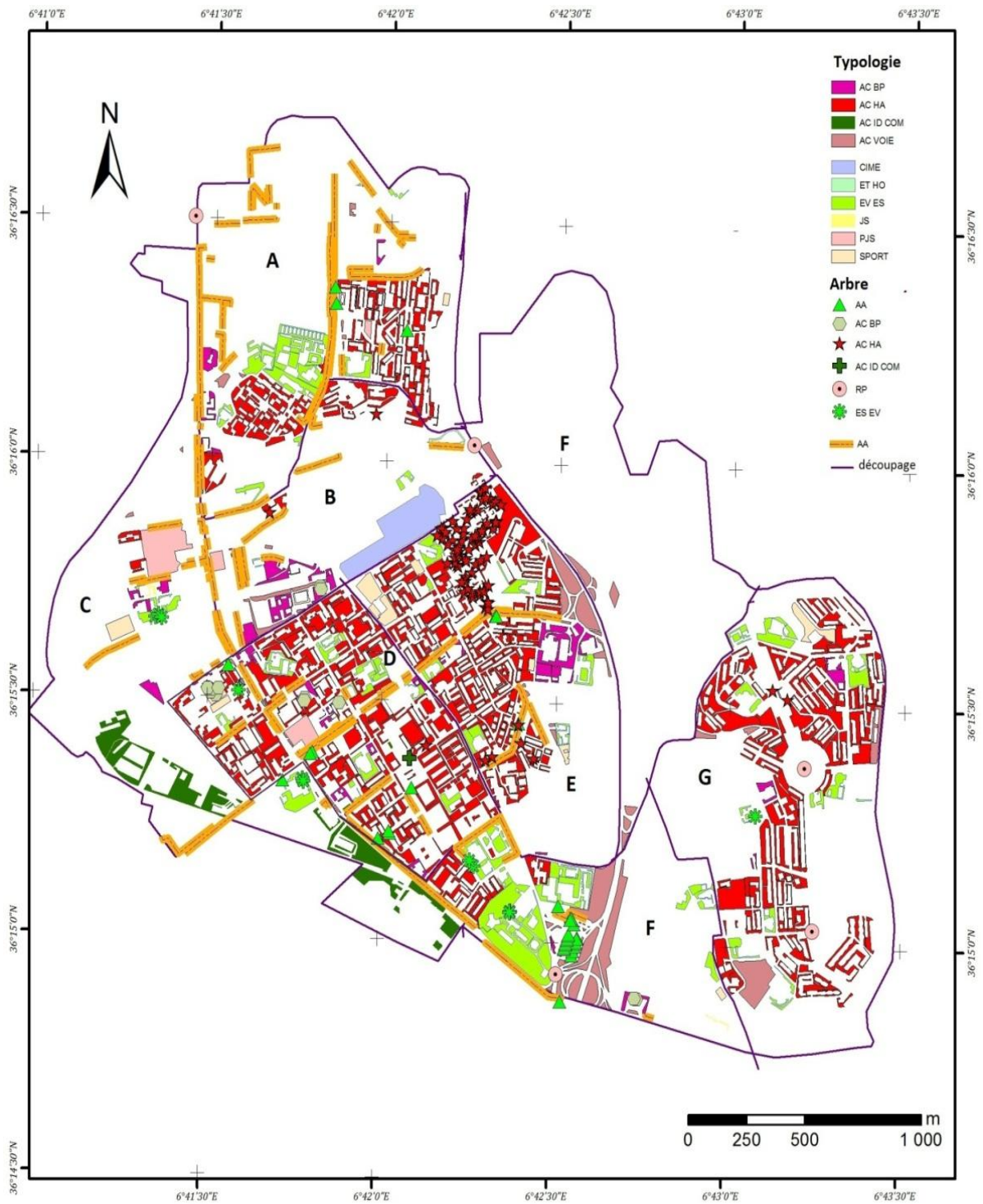
## 1.2. Typologie des espaces verts de la ville d'El khroub

Les résultats obtenus par l'analyse de l'image google earth après vectorisation localisation et recensement, des espaces verts de la ville d'El Khroub indique que la superficie destinée aux espaces verts est de 1479760,92 m<sup>2</sup> ( tableau 8), et qu'elle dispose de 934 espaces verts en nombre total, dont 11 types ; le modèle le plus dominant concerne les accompagnements d'habitation avec 65.25%, ensuite les espaces verts des établissements sociaux ou éducatifs avec 13.01% , les accompagnements de voies 10.45%, les accompagnements de bâtiments publics 6.29%, les accompagnements des établissements industriel et commerciaux 2.24%, les terrains de sports 1.60 % , les parcs, jardins et squares 0.53%, les jardins spécialisées 0.21%, les établissements horticoles 0.11%, les cimetières 0.11%, et enfin 15,83 km d'arbres d'alignements.

**Tableau 5. Superficie des types d'espaces verts dans la ville d'El Khroub**

<b>Typologie des espaces verts</b>	<b>Nombre des espaces vert</b>	<b>Superficie m<sup>2</sup></b>
Les accompagnements de bâtiments publics	59	76713,91
Les accompagnements des établissements	21	81504,28
Les espaces verts des établissements	122	236770,50
Jardins spécialisées	4	9509,89
les accompagnements d'habitation	612	781093,50
Les accompagnements de voies	94	145154,50
Le cimetière	1	57662,88
Etablissements horticoles	1	1743,83
Parc, jardin, et squares	5	46042,02
Sport	15	43565,62
Totale	934	1479760,92

Les types d'espaces verts sont inégalement répartis dans la ville d'El khroub, le taux de recouvrement est de 1.58%, le ratio par rapport à la population de la ville est de 0.53 m<sup>2</sup>/ha inférieur à la norme nationale de 4 m<sup>2</sup>/ha et internationale de 10m<sup>2</sup>/ha.

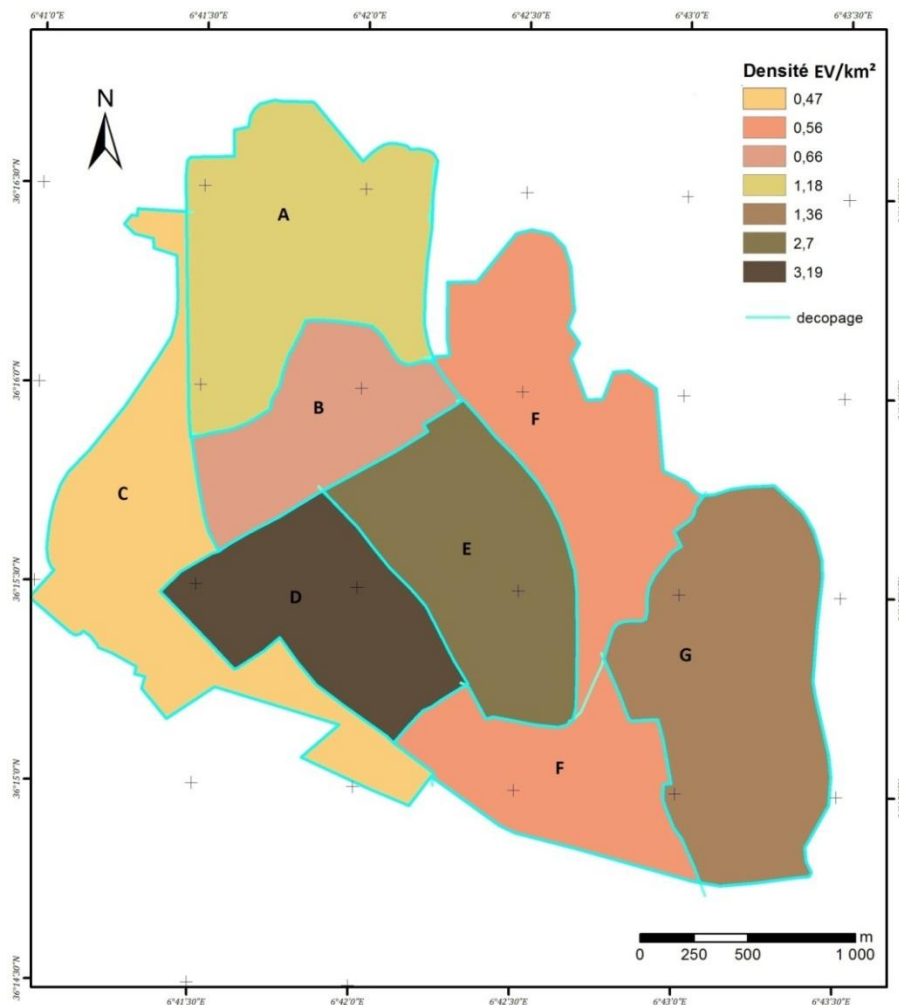


**Carte 2.** La typologie des espaces verts de la ville d'El Khroub

**AC BP** : accompagnements de bâtiments publics, **AC HA** : accompagnements d'habitation, **AC ID COM** : accompagnements des établissements industriel et commerciaux, **AC VOIE** : accompagnements de voies, **CIME** : cimetières, **ET HO** : établissements horticoles, **EV ES** : espaces verts des établissements sociaux ou éducatifs, **JS** : jardins spécialisées, **PSJ** : parc, jardin, et squares, **SPORT** : terrains de sports et ces espaces verts, **AA** : arbres d'alignements, **RP**: rond-point.

### 1.3. Densité des espaces verts de la ville d'El khroub par quartier

La densité de chaque quartiers est calculé à partir du nombre total de tous les types d'espaces vert existants dans la ville d'El khroub (carte 3), les quartiers D et E ont les densités les plus élevées avec (3.19 et 2.70 espace vert /km<sup>2</sup>) respectivement, vient après les quartiers G et A avec (1.36 et 1.18 espace vert /km<sup>2</sup>) La densité la plus faible est enregistrée dans les quartiers B, F et C (0.66, 0.56, et 0.47 espace vert /km<sup>2</sup>).

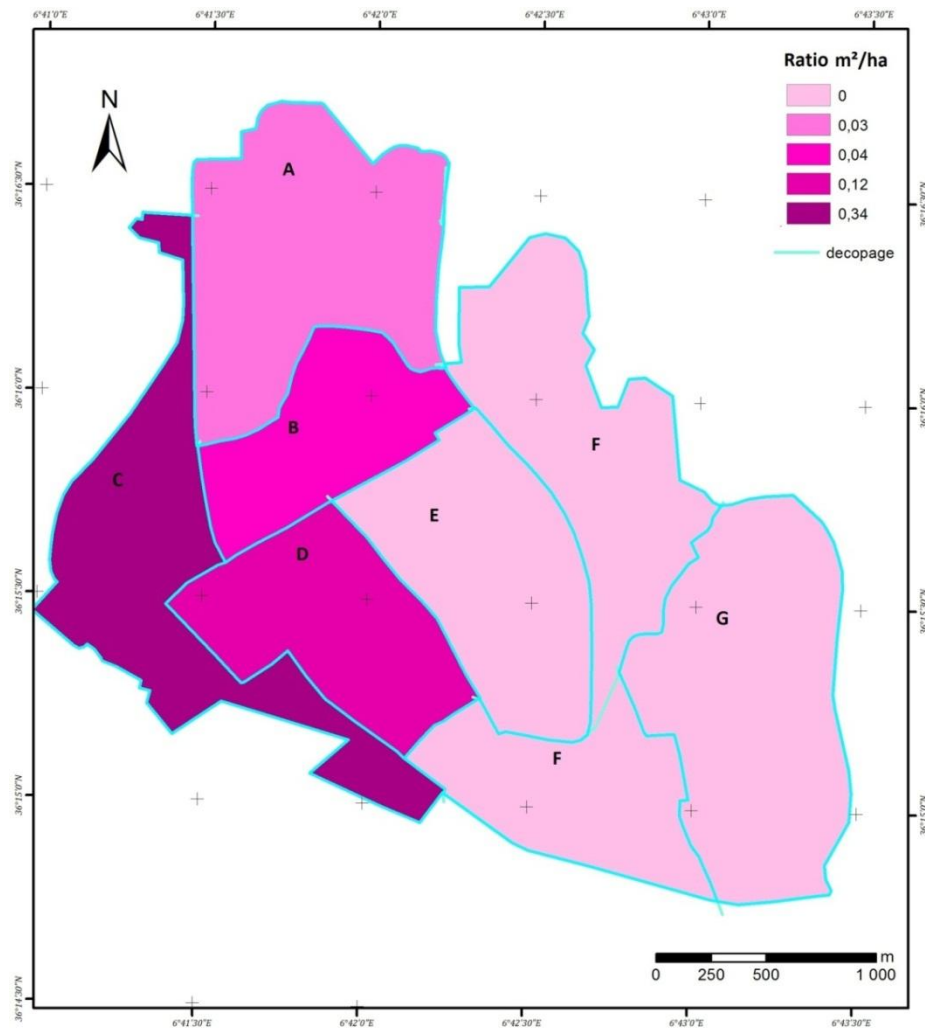


**Carte 3.** Densité des espaces verts de la ville d'El Khroub

La forte densité en espaces verts dans les quartiers D et E, peut s'expliquer par le fait que la plus grande partie du territoire de ces deux quartiers sont des habitats collectifs, où les superficies destinés aux espaces verts sont bien délimitées, Tandis que les autres quartiers (B, F et C) sont composées des principalement par des habitats individuel, où le nombre des espaces verts est faible.

#### 1.4. Ratio des espaces verts de la ville d'El khroub par quartier

Le ratio espaces vert par habitant est calculé par rapport au espaces verts publics, dont la catégorie PSJ (parc, square, et jardin public), le plus élevé est enregistré dans le quartier C avec 0.34 m<sup>2</sup>/ ha, puis les quartiers D, B, A avec successivement (0.12, 0.04, et 0.03 m<sup>2</sup>/ ha), les autres quartiers E, F et G avec un ratio de 0 m<sup>2</sup>/ ha.



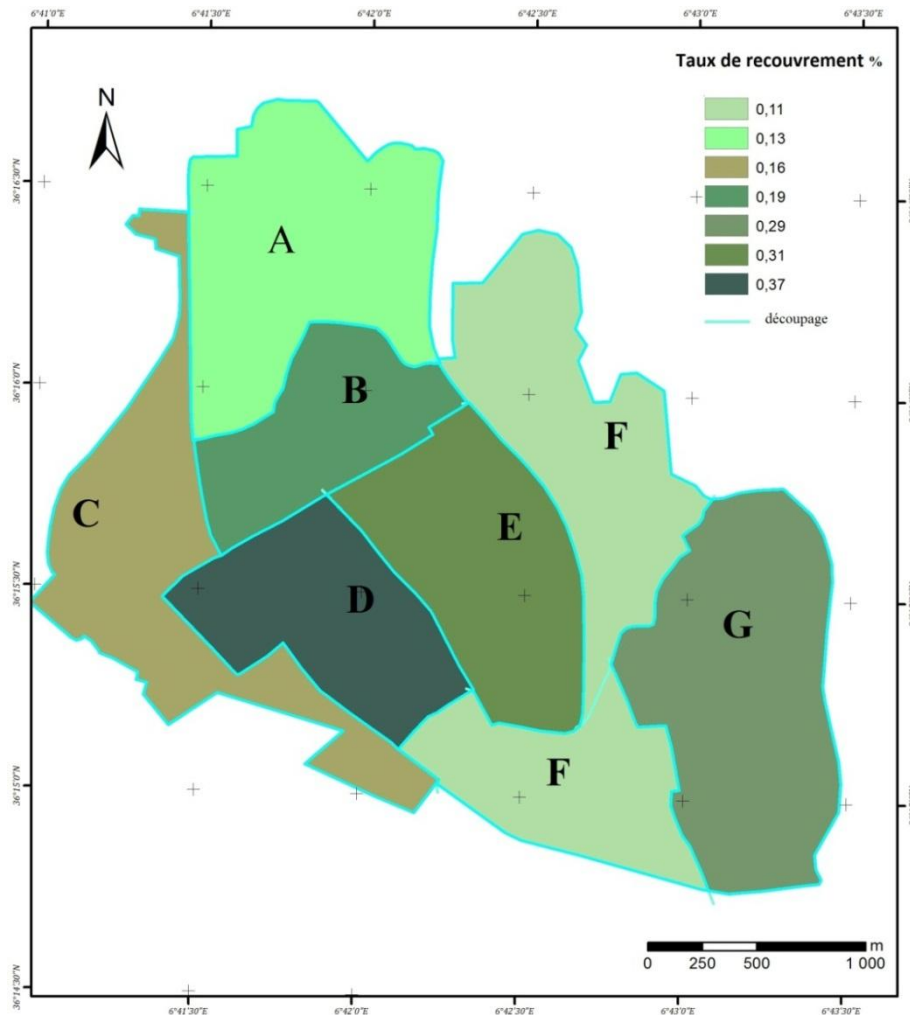
**Carte 4.** Ratio des espaces verts de la ville d'El Khroub

Le ratio est plus élevé dans le quartier C, car il est caractérisé par la présence de la pinède avec une superficie 2.96 ha, ensuite le quartier D, où la présence du jardin public des 1600 logements, vient après le quartier B, où on trouve le square de l'ancien village, finalement le quartier A, où il y avait 2 squares publics dans la cité des 900 logements. Les autres quartiers ont le ratio 0 m<sup>2</sup>/ ha, car ils sont dépourvus d'espaces vert public de la catégorie PSJ.



### 1.5. Le taux de recouvrement des espaces verts de la ville d'El khroub par quartier

Le taux de recouvrement est calculé à partir des superficies de tous les types d'espaces verts ; par rapport à la superficie de chaque quartier (Carte 5), les résultats obtenus indiquent que les quartiers D, E et G ont les pourcentages les plus élevés avec 0,37%, 0,31%, 0,29% respectivement, ainsi le taux de recouvrement le plus faible est enregistré dans le quartier F avec 0,11%.



**Carte 5.** Taux de recouvrement des espaces verts de la ville d'El Khroub

La partie nord du quartier F est dépourvue carrément d'espace vert de tous les types, sauf quelques jardins particuliers, elle est composée majoritairement des lotis pour l'habitat individuel.

### 1.6. La palette végétale de la ville d'El Khroub

La flore ligneuse inventoriée de la ville d'El khroub est riche de 34 espèces appartenant à 18 familles (Tableaux 6). Les familles des : Fabaceae comprend (6 espèces), Oleaceae (4 espèces), Salicaceae (3 espèces), Sapindaceae, Rutaceae, Cupressaceae, Pinaceae,

Arecaceae, et Anacardiaceae (2 espèces). Les autres familles comptent chacune une espèce, il s'agit des Platanaceae, Myrtaceae, Moraceae, Casuarinaceae, Meliaceae, Rosaceae, Araucariaceae, Ulmaceae, Bignoniaceae.

**Tableau 6.** La diversité de la strate arborée de la ville d'El Khroub

<b>Nom commun</b>	<b>Nom scientifique</b>	<b>Famille</b>
Pin d'Alep	<i>Pinus halepensis Mill</i>	Pinaceae
épinette noire	<i>Picea mariana</i>	
Bigaradier	<i>Citrus aurantium L</i>	Rutaceae
Citronnier	<i>Citrus* limon</i>	
Cyprès vert	<i>Cupressus sempervirens</i>	Cupressaceae
Thuya de Berbérie	<i>Callitris quadrivalvis</i>	
Olivier	<i>Olea europaea</i>	Oleaceae
Frêne oxyphylle	<i>Fraxinus angustifolia</i>	
Frêne commun	<i>Fraxinus excelsior</i>	
Troène du Japon	<i>Ligustrum japonicum</i>	
Acacia cyanophylla	<i>Acacia saligna</i>	Fabaceae
Caroubier	<i>Ceratonia siliqua</i>	
Sophora du japon	<i>Styphnolobium japonicum</i>	
Robinier faux acacia	<i>Robinia pseudoacacia L</i>	
Arbre de Judée	<i>Cercis siliquastrum</i>	
Palo rosa	<i>Tipuana tipu Kuntze</i>	
Pistachier térébinthes	<i>Pistacia terebinthus</i>	Anacardiaceae
Faux poivrier	<i>Schinus molle</i>	Salicaceae
Peuplier blanc	<i>Populus alba</i>	
Peuplier noir	<i>Populus nigra</i>	
Saule pleureur	<i>Salix babylonica</i>	
Palmier washingtonia	<i>Washingtonia robusta</i>	Arecaceae.
Palmier nain	<i>Chamaerops humilis</i>	
Erable	<i>Acer rubrum</i>	Sapindaceae
Savonnier de chine	<i>Koelreuteria paniculata</i>	
Prunier pourpre	<i>Prunus cerasifera</i>	Rosaceae
Araucaria du Chili	<i>Araucaria araucana</i>	Araucariaceae
Orme champêtre	<i>Ulmus minor</i>	Ulmaceae
Flamboyant bleu	<i>Jacaranda mimosifolia D. Don</i>	Bignoniaceae
Platane d'orient	<i>Platanus orientalis</i>	Platanaceae
Eucalyptus	<i>Eucalyptus globulus</i>	Myrtaceae
Mûrier blanc	<i>Morus alba</i>	Moraceae
Casuarina (Filao)	<i>Casuarina equisetifolia</i>	Casuarinaceae
Lilas des Perse	<i>Melia azedarach</i>	Meliaceae

Les résultats montrent qu'il y a 16 espèces d'arbres qui alignent la ville d'El khroub qui sont : le Peuplier noir, le Melia azedarach, le Faux poivrier, le Troène du japon, le Mûrier blanc, le Frêne commun, le Palmier washingtonia, le Sophora japonica, le Casuarina, le Prunier pourpre, le Platane, le Caroubier, le Saule pleureur, le Cyprès vert, le Peuplier blanc, et le pistachier térébinthe.

En effet, les espèces les plus dominants sont : le peuplier noir 528 pieds soit 20,83 % du total, et le Melia azedarach 488 pieds soit 19,25 %, suivies par le Faux poivrier 337 pieds soit 13,29%. Le Mûrier blanc, le Frêne, et le Sophora, présente des pourcentages assez moyens par rapport au premiers. Le reste des espèces dont le nombre ne dépasse pas 1 %, tel le Platane, le Caroubier, la Saule pleureur, et le Peuplier blanc....etc.

Les résultats du recensement montrent aussi qu'il y a 223 arbres non viables conséquence de divers actes de vandalisme et destruction de différentes manières (coupe, feu, cassure des branches, arrachement de jeunes plantes, traumatisme du tronc et écorce...etc.). Ainsi, les résultats des mesures dendrométriques montrent que la Platane est l'espèce la plus grande, sa hauteur est de 16,5m et sa circonférence 177,5 cm, le Caroubier et le Melia azedarach occupe la deuxième place par 12,25 m et 10,5 cm dans l'ordre suivi par le Sophora et le Frêne.

**Tableau 07.** La diversité des strates arbustives et herbacées de la ville d'El Khroub

<b>Nom commun</b>	<b>Nom latin</b>	<b>Famille</b>
Troène du Japon parfumé	<b><i>Ligustrum japonicum Texanum</i></b>	Oleaceae
Troène du Californie panaché	<b><i>Ligustrum ovalifolium Aureum</i></b>	Oleaceae
Lantana	<b><i>Lantana camara</i></b>	Verbenaceae
Ciste à feuille de sauge	<b><i>Cistus salvifolius .L</i></b>	Cistaceae
Laurier rose	<b><i>Nerium oleander .L</i></b>	Apocynaceae
Jasmin	<b><i>Jasminum</i></b>	Oleaceae
Iris	<b><i>Iris</i></b>	Iridaceae
Myoporum	<b><i>Myoporum laetum Forst.G</i></b>	Scrophulariaceae
Thuja d'Orient	<b><i>Thuja orientalis L</i></b>	Cupressaceae
Lierre commun	<b><i>Hedera helix</i></b>	Araliaceae
Adhatoda	<b><i>Justicia adhatoda</i></b>	Acanthaceae
Gazania	<b><i>Gazania</i></b>	Asteraceae

Rosier	<i>Rosa</i>	Rosaceae
Souci officinal	<b>Calendula officinalis</b>	Asteraceae
Chrysanthème	<i>chrysanthemum</i>	Asteraceae
Romarin	<i>Rosmarinus officinalis</i>	Lamiaceae
Kochia	<i>Bassia scoparia</i>	Amaranthaceae
Canna	<b>Canna indica</b>	Cannaceae

La strate arbustive et herbacée inventoriée de la ville d'El khroub est composée de 14 familles dont 18 espèces (Tableau 7). Les familles des : Asteraceae et Oleaceae comprennent (3 espèces), Rutaceae et Anacardiaceae (2 espèces). Les autres familles comptent chacune une espèce, il s'agit des Verbenaceae, Cistaceae, Apocynaceae, Iridaceae, Scrophulariaceae, Cupressaceae, Araliaceae, Acanthaceae Rosaceae Lamiaceae Amaranthaceae Cannaceae.

### **1.7. Les espaces verts représentatifs de la ville d'El Khroub**

#### **1.7.1. Parc, jardin, et squares**

##### **1.7.1.1. Parc Krimi Amar**

Le Parc Krimi Amar (la pinède) est l'un des repères historiques et culturels de la ville d'El Khroub, c'est un espace boisé qui revête une énorme importance pour la population, en fait, c'est le poumon de la ville, il est situé en périphérie ouest du vieux centre, doté d'une superficie de 2,9 ha et composé d'une dizaine de pins d'Alep. Il a été aménagé durant l'année 2016, cet aménagement a été réalisé pour la préservation des pins, le maintien en état de propreté en interdisant les jets d'ordures ménagères (car c'était un dépotoir où se mêle ferraille, branchage et autres débris par les locataires des immeubles voisins), et le rendre accessible au public pour l'amélioration de la qualité de vie de la population.



**Photos 13.** La Pinède cité Krimi Amar (2018)

### **1.7.1.2. Jardins publics Bouchouk**

Le jardin de l'indépendance (Bouchouk) situé à l'angle de la route nationale et du boulevard 1600 logement (photos 14), avec une superficie de 1.18 ha, contient plusieurs terre-pleins occupés par une diversité d'arbres et d'arbustes ornementale. La palette végétale du jardin des 1600 est la suivante : le platane, le bigaradier, le cyprès, l'eucalyptus, le murier, l'olivier, le casuarina, l'acacia, le faux poivrier, le melia, le citronnier, le troène du Japon, le troène de Californie, le peuplier blanc, le palmier washingtonia, et le frêne.



**Photos 14.** Jardin Bouchouk cité 1600 logement (2018)



### 1.7.1.3. Jardin public du centre-ville

Le jardin du centre-ville se situe dans le boulevard El Amir Abdelkader sur la route nationale n°20 près de la mairie d'El khroub, il possède une superficie de 0.37 ha, il est constitué d'une palette végétal diversifié tel que : le melia, le palmier, le frêne, troène, souci, géranium, romarin, prunier pourpre, ciste, rosier.

A côté du jardin on trouve la plus ancienne place publique qui date de 1920, équipée de quelques bancs, elle est constitué essentiellement d'arbre ornementale tel le melia, le faux poivrier, le murier, le palmier washingtonia, et le frêne.



**Photos 15.**Le jardin du centre-ville et la place public, 2018

### 1.7.1.4. Squares de la cité 900 logements

Deux squares ont été aménagés sur le même style dans la cité des 900 logements, le premier est un espace de 1100 m<sup>2</sup>, et le deuxième de 1750 m<sup>2</sup> équipée de quelques bancs et entourée des arbres et arbustes ornementaux tel : le murier, le melia, le palmier washingtonia, le troène californica, et le platane. Cependant, les 2 espaces sont transformés tous les soirs en aires de stationnement pour les véhicules des riverains comme nous montre la photo 16.



**Photos 16.** Squares de la cité 900 logements (2018)

#### **1.7.1.5. Arbres d’alignement**

Les arbres sont alignés le long de la route nationale de la ville d’El Khroub et des voies de circulation ainsi qu’en bordure des boulevards principaux. L’entrée nord est composée principalement de : frêne, platane, faux poivrier et murier ; le côté de Massinissa est planté de Faux poivrier, Troène, Mûrier et Myoporum. Cependant, l’entrée sud de la ville est occupée par des haies de Myoporum. Ainsi, on trouve les plantations des Palmiers washingtonia, Peupliers noir, Mûrier, Caroubier, Prunier pourpre, Sophora et Pistachier térébinthe alignée le long des grands boulevards tel Emir Abdel Kader, la cité 1600 logements et sur la voie menant vers les quartiers nord des 900 logements.

#### **1.8. L’enquête-Questionnaire**

L’échantillon contient plus d’hommes (56,5 %) que de femmes (43,5 %) (Tableau 08). La classe d’âge la plus représentée chez les hommes est celle des 50 ans et plus (22 %) et chez les femmes celle des 25-50 ans (23 %).

##### **1.8.1. Perception et fréquentation des espaces verts par les citoyens Khroubis**

Trois notions sont assimilées au concept d’espace vert par les citoyens Khroubis, la première représente les jardins publics (37,5%), la deuxième est occupée par les forêts (21%), et en troisième position les squares avec 20% de réponses favorables, ainsi les arbres d’alignement ne sont perçus comme un type d’espace vert que par 11,5% de la population.

En fait, 77% des enquêtés fréquentent régulièrement les espaces verts urbains et suburbains de la ville, le reste de la population (23%) ont mis plusieurs paramètres en cause pour ne les pas visiter tel l'éloignement, l'insécurité, l'incivilité, le manque de moyen de locomotion ou bien le manque de temps ; d'autres personnes ont répandu a cette question d'une autre façon, ils sont convaincu que les espaces verts existants ne sont pas bien entretenu ni aménagé. Les lieux privilégiés par la population pour la détente, les loisirs et les rencontres sont en premiers choix le jardin 1600 avec 38,5%, le jardin centre-ville (37%), la pinède (16%), et les forêts périurbaines (23%).

### **1.8.2. La demande sociale en matière d'espaces verts dans la ville d'El Khroub**

Les chercheurs en écologie, en santé humaine, en urbanisme, en sociologie et en psychologie s'intéressent au rôle des espaces verts en milieu urbain. Ses bienfaits ne se limitent pas à l'aspect esthétique ou économique, la population d'El Khroub est bien convaincue de l'implantation de ces surfaces et de leurs effets reposants (96%) de réponses favorable.

La participation de la population dans les projets de la conception, la gestion et la réalisation des espaces verts est primordiale car la réussite de celles-ci implique selon les enquêtés la responsabilité de l'APC (62%), et de la population (39%). L'avis des *interviewers* vis-à-vis le choix des arbres plantés dans la ville qu'ils sont bien placés (23%), mais pas adaptés (31%), et dépourvu de l'aspect esthétique (25%), c'est pour cela la population demande que le premier critère à prendre dans le choix des végétaux dès la conception d'un espace vert est l'aspect esthétique (63,5%). Cependant, elle est convaincue que les arbres d'alignement ont pour le moment un mauvais état sanitaire (31,5%). Ainsi, beaucoup de paramètres semble conduire à cet état ; en cite au premier le vandalisme qui comptabilise (63,5%) de réponses favorables, la pollution et la sécheresse sont estimé respectivement à (48%) et (38,5%). En fait, la sensibilisation est l'un des facteurs essentiel pour réussir les projets des espaces verts, quand on connaît une chose, on l'estime mieux. Elle doit commencer dans les écoles, les maisons de jeunesse, les stades...etc.

Parmi les 16 espèces d'arbres qui alignent les rues de la ville les résultats montrent que seulement 12 espèces sont connues par la population avec des pourcentages variables ; le Murier (46%), le Palmier (44,5%), le Frêne (41,5%)...etc. Par le fait que les bienfaits de la végétation sont multiples, leur effet pollinisateur pose des problèmes sur la santé des habitants Khroubis, 49% de la population enquêtés souffre des allergies aux pollens. En effet, les réponses de la demande sociale en matière de type d'espaces vert montrent que 56% de la



population privilégie le square de proximité, c'est-à-dire un espace vert à quelques pas de la maison, 42,5% préfère le jardin public, 34% sont pour l'idée de parc naturel avec des équipements et 31% de réponses favorables pour les arbres d'alignement, le faible pourcentage (13%) sont pour un parc laissé à l'état naturel (sans aménagement), ainsi le style préféré par les enquêtés concernant la conception des espaces verts est le mélange entre le style régulier d'une végétation taillé et l'autre à l'état naturel et sauvage (45%).

**Tableau 08.** Résultats de l'enquête questionnaire des citoyens khroubis

N	Pr	Adolescents 10- 20			Adultes 20 - 50			Vieux 50 et plus			Somme des moyennes
		Fém	Mas	M%	Fém	Ma	M%	Fém	Mas %	M%	M%
1	A	17,5	19	36,5	23	15,	38,5	3	22	25	100
2	A	4	5	9	5	3	8	0	3	3	20
	B	2	2	4	3	1	4	0,5	3	3,5	11,5
	C	6,5	8,5	15	8,5	5	13,5	1,5	7,5	9	37,5
	D	3	6	9	5,5	2,5	8	1,5	2,5	4	21
	E	6,5	5	11,5	7	7	14	1	9,5	10,5	36
3	A	11	13	24	17,5	13,	31	1,5	20,5	22	77
	B	6,5	6	12,5	5,5	2	7,5	1,5	1,5	3	23
4	A	2	3	5	2	2,5	4,5	0	6,5	6,5	16
	B	3,5	5	8,5	4,5	5,5	10	0	20	20	38,5
	C	5,5	7	12,5	4,5	6	10,5	0	14	14	37
	D	2	4	6	8,5	4,5	13	1,5	2,5	4	23
5	A	1,5	2	3,5	1	0,5	1,5	0,5	0,5	1	6
	B	3	0,5	3,5	2,5	0,5	3	0,5	1	1,5	8
	C	1,5	0	1,5	2	0,5	2,5	1	1	2	6
	D	2	1	3	0,5	0	0,5	0,5	0	0,5	4
	E	1	2	3	2,5	0	2,5	0,5	0	0,5	6
	F	2,5	2,5	5	1,5	1	2,5	0,5	0	0,5	8
6	A	2	4	6	1	3,5	4,5	0	19	19	29,5
	B	4,5	7,5	12	6,5	4	10,5	0,5	16	16,5	39
	C	4	3	7	8,5	2,5	11	0,5	20	20,5	38,5
7	A	10,5	13,5	24	17	11,	28,5	1,5	22	23,5	76
	B	7,5	6,5	14	12,5	7	19,5	1	15	16	49,5
	C	6,5	8,5	15	14	9	23	1	2	3	41
	D	3,5	2	5,5	6	3	9	0	0	0	14,5
8	A	16	17,5	33,5	22,5	15	37,5	3	22	25	96
	B	1,5	1,5	3	0,5	0,5	1	0	0	0	4
9	A	4	4	8	2,5	0	2,5	0,5	2	2,5	13

	B	4,5	6	10,5	7,5	5	12,5	0,5	3	3,5	26,5
	C	9	9	18	12,5	5,5	18	2	17	19	55
1	A	7	10,5	17,5	17,5	5	22,5	1	21	22	62
	B	4	5	9	7,5	11	18,5	0,5	4,5	5	32,5
	C	6	8,5	14,5	8,5	6,5	15	1,5	11	12,5	42
	D	3,5	2	5,5	3,5	5,5	9	0	3	3	17,5
	E	7,5	8	15,5	8,5	2,5	11	1	11,5	12,5	39
1	A	7,5	11	18,5	11	7	18	0	19,5	19,5	56
	B	4	5	9	5	6	11	1,5	21	22,5	42,5
	C	4	2	6	5,5	0,5	6	0	19	19	31
	D	2	2,5	4,5	1	1,5	2,5	0,5	5,5	6	13
	E	3,5	5,5	9	15	3	18	1	6	7	34
1	A	6,5	5,5	12	9	12,	21,5	1	9	10	43,5
	B	11	13,5	24,5	14	3	17	2	13	15	56,5
1	A	4	5	9	3,5	3,5	7	0,5	9	9,5	25,5
	B	8,5	12	20,5	14	1,5	15,5	1	10	11	47
	C	2	1	3	2	2,5	4,5	0,5	3	3,5	11
	D	3	2	5	5,5	6,5	12	0	5	5	22
1	A	4,5	5	9,5	5,5	3	8,5	0	5	5	23
	B	2,5	5	7,5	5,5	1,5	7	1	0,5	1,5	16
	C	4,5	3,5	8	4	0,5	4,5	0,5	1	1,5	14
	D	4,5	4,5	9	5	2	7	1	14	15	31
	E	4	5	9	9,5	3,5	13	1,5	1,5	3	25
	F	4,5	4,5	9	3,5	3	6,5	1	0,5	1,5	17
1	A	7	10	17	13,5	10,	24	1,5	21	22,5	63,5
	B	8,5	9	17,5	14	7	21	2	17	19	57,5
	C	7,5	7	14,5	13,5	8	21,5	0,5	5	5,5	41,5
1	A	4,5	3	7,5	4	3,5	7,5	0	11,5	11,5	26,5
	B	3	6	9	14	5,5	19,5	0,5	9	9,5	38
	C	2,5	3,5	6	1,5	3	4,5	0	5	5	15,5
	D	3	3,5	6,5	8,5	5,5	14	0	14	14	34,5
	E	6,5	8,5	15	4,5	7	11,5	2	17,5	19,5	46
	F	1,5	3,5	5	1,5	5	6,5	1	6	7	18,5
	G	4	5,5	9,5	6,5	6	12,5	0,5	22	22,5	44,5
	H	1	1,5	2,5	9,5	2,5	12	0,5	0	0,5	15
	I	1	0	1	16,5	4,5	21	0	4,5	4,5	26,5
	J	1,5	1	2,5	5	2,5	7,5	0	17	17	27
	K	8	10	18	2,5	8	10,5	2	11	13	41,5
	L	5	5	10	12,5	5,5	18	1,5	5,5	7	35
1	A	13	8	21	12	7,5	19,5	2	17	19	59,5
	B	4,5	11	15,5	11	8	19	1	5	6	40,5
1	A	5	7,5	12,5	6	6	12	1,5	6	7,5	32

	B	6	6	12	3,5	5	8,5	0,5	16	16,5	37
	C	5,5	5,5	11	13	6	19	1	14	15	45
1	A	8	14	22	13,5	6,5	20	1	20,5	21,5	63,5
	B	9	9,5	18,5	15	12	27	1	1,5	2,5	48
	C	5,5	3	8,5	10	3	13	1,5	15,5	17	38,5
	D	2	3	5	5	2	7	0,5	4	4,5	16,5
2	A	4,5	7	11,5	3,5	3	6,5	1	11,5	12,5	30,5
	B	7,5	10,5	18	15	10	25	1,5	9	10,5	53,5
	C	5,5	1,5	7	4,5	2,5	7	0,5	1,5	2	16
2	A	6	14	20	19	13	32	2,5	18,5	21	73
	B	11,5	5	16,5	4	3	7	0,5	2,5	3	26,5
2	A	7,5	11,5	19	3,5	2,5	6	1,5	5	6,5	31,5
	B	4,5	4,5	9	13	7	20	0,5	11,5	12	41
	C	5,5	3	8,5	6,5	6	12,5	1	5,5	6,5	27,5
2	A	8	13,5	21,5	18	11	29	2	14	16	66,5
	B	5,5	5,5	11	7,5	5	12,5	0,5	10,5	11	34,5
	C	9	9	18	4,5	6,5	11	2	17	19	48
	D	3	5	8	10	6,5	16,5	0,5	15,5	16	40,5
	E	1,5	1	2,5	2,5	4	6,5	0,5	4	4,5	13,5
2	A	6,5	7,5	14	13,5	6,5	20	1,5	5,5	7	41
	B	6,5	7	13,5	13,5	6,5	20	1	21	22	55,5
	C	7	8,5	15,5	15,5	9	24,5	2	19,5	21,5	61,5
	D	4,5	8,5	13	14	3,5	17,5	0,5	20,5	21	51,5
	E	6,5	8	14,5	12	6,5	18,5	1,5	5,5	7	40
2	A	10	11	21	15,5	8	23,5	1,5	5	6,5	51
	B	7,5	8	15,5	7,5	7,5	15	1,5	17	18,5	49
2	A	10	8,5	18,5	10	3	13	2	17,5	19,5	51
	B	7,5	10,5	18	13	12	25,5	1	4,5	5,5	49
2	A	9,5	7,5	17	9	6	15	1	16	17	49
	B	8	11,5	19,5	14	9,5	23,5	2	6	8	51

### 1.9. Proposition d'un mode de gestion durable

Dans la ville d'El Khroub, cinq organismes prennent part dans la création et la gestion des espaces verts urbains ; la Wilaya, la circonscription, la conservation des forêts, la direction de l'environnement, et l'assemblée populaire communale (APC). En 2013 l'APC a créé l'établissement communal des espaces verts (ECEV), pour la mise en charge et la gestion des espaces verts de la ville. Pour arriver au mode de gestion le plus adapté à notre zone d'étude, ce travail proposé vise à classer les espaces similaires, et leur offrir un code d'entretien et de gestion (Carte 6), chaque code est composé d'espaces qui ont la même fonction dont la gestion peut être similaire, il consiste à pratiquer un entretien adapté des

espaces verts selon leurs caractéristiques et leurs usages. Il s'agit de faire le bon entretien au bon endroit.

Cette proposition a pour objectif de faciliter la gestion et spatialiser les structures vertes dans la ville, à cela s'ajoute la nécessité de changer les mentalités, et intégrer la population dans le choix des espèces à planter car le vandalisme est le premier facteur influant la pérennité des arbres urbains.

**Le code 1 :** comprend les accompagnements d'habitation collectifs cette catégorie qui a le pourcentage le plus élevé (65.25%), occupe une partie importante dans le territoire de la ville, elle doit être composée des aires de jeux pour enfants, on peut planter des arbres fruitiers au pieds des immeubles et faire intégrer la population dans le choix et l'entretien pour bénéficier des rendements de ces fruits.

**Le code 2 :** contient les accompagnements de voie de circulation (dans la plupart des cas ils sont dépourvu de végétation), et les arbres d'alignement, ces deux type sont les principaux sources de connectivité et de corridor écologique, en assurant la continuité entre les différents types. Naturellement, avant de songer à mettre en place de nouveaux espaces verts, il importe d'abord de travailler à conserver, préserver et bonifier les milieux existants, de ce fait, la nécessité de couvrir ces surfaces de végétaux est le premiers point à réaliser, ainsi planter des arbres d'alignement, dans le quartier F surtout le long de la route national n°3.

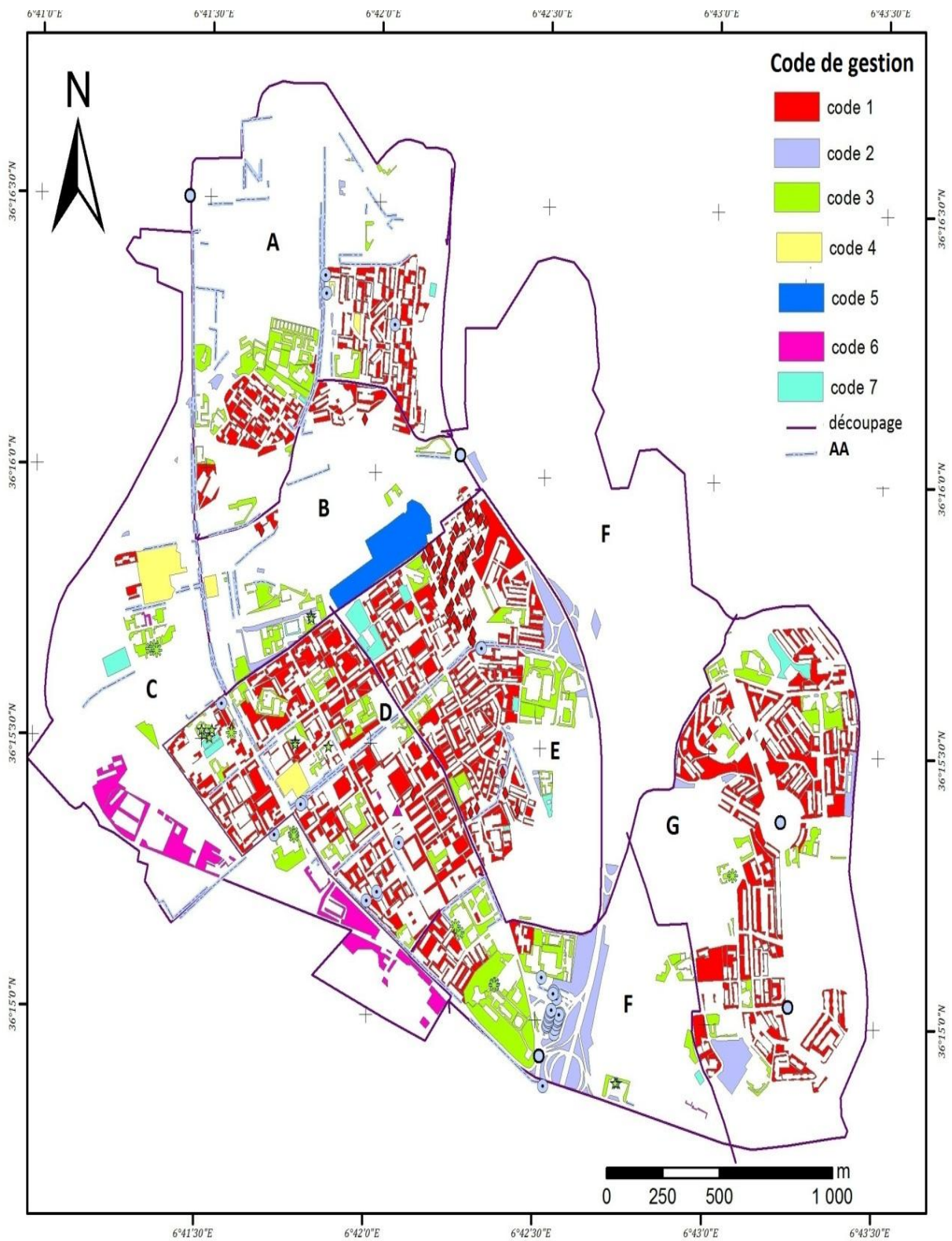
**Le code 3 :** comprend les accompagnements de bâtiments publics, les EV des établissements horticoles (la pépinière), et les EV des établissements social et éducatifs, on a classé ces trois types dans le même code car l'intervention par l'ECEV est ponctuel, et de leur gestion est la responsabilité des directeurs de ces secteurs.

**Le code 4 :** comprend la catégorie parc, jardin et square, car ils ont les mêmes fonctions de loisir récréation, et rencontre, et le même mode de gestion.

**Le code 5 :** Les cimetières ne sont pas pris en considération par l'ECEV, car ils ne sont pas classés comme un espace vert.

**Le code 6 :** les accompagnements des établissements industriels et commerciaux, et les jardins spécialisés (jardins d'hôtels et jardins des crèches), ce sont des secteurs privés et leur mode de gestion est similaire.

**Le code 7 :** comprend les terrains de sport, les salles de sport, les maticos et ces espaces verts d'accompagnement.



**Carte 6.** Carte de la gestion durable des espaces verts de la ville d'El khroub

**Code 1 :** AC HA, **Code 2 :** AC VOIE, AA, **Code 3 :** AC BP, ET HO, EV ES, **Code 4 :** PSJ, **Code 5 :** CIME, **Code 6 :** AC ID COM, JS, **Code 7 :** SPORT.

## **2. Discussion des résultats**

Pour concevoir des espaces verts urbains durables, il fallait prendre en considération l'intégration parfaite de trois dimensions en toute cohérence ; l'évolution de la planification du paysage urbain, les études écologiques récentes et le volet sociétal de la ville concerné. A El Khroub, la conception des espaces verts est loin de ses principes (Benkouachi et Alatou, 2017). En fait, la loi algérienne n°2007 a pour objet de définir les règles de gestion, de protection et de développement des espaces verts dans le cadre du développement durable, elle constitue les conditions et modalités de classement des espaces verts, leur plan de gestion, et les dispositions pénales relatives à l'usage de celle-ci et à leur destruction (JO, 2007).

Plusieurs typologies des espaces verts ont été proposées dans différents pays, sur la base de la fonction, de la possession, des caractéristiques physiques ou d'autres critères (Coronio et Muret, 1976. Vilmorin, 1976. Muret. J-P Allain. Y-M, Sabrie. M-L. 1987. Fanhua Kong. et Nobukazu Nakagoshi, 2005). Notre étude s'appuie sur la typologie de Jancel 1997, car elle est basée sur la fonction de l'espace vert concernée pour arriver à un mode de gestion dite durable, ce travail relève l'existence de 11 types parmi les 13, le type le plus prédominant est les accompagnements d'habitation collectif (ZHUN) vu le grand territoire occupé par ce modèle de logement pour satisfaire les besoins de la population, ce modèle urbain porte en lui des zones originellement affectées en espace vert ; mais une grande partie est transférée en parking pour automobile ou bien décharge des poubelles, ainsi dans ce type, les superficies destinées aux espaces verts sont immenses mais le problème c'est qu'ils sont souvent couverts de quelques pieds d'arbres, ou dans d'autres cas dépourvus carrément de végétation. L'analyse de l'image de Google Earth de la ville donne l'impression d'un paysage minéral où la verdure est rare, le taux de recouvrement est de 1.58%, contrairement à l'étude de (Sahli, 2008) où le taux de couverture végétale était près de 7%.

Les résultats inventoriés sur la diversité floristique de la ville d'El Khroub montrent l'existence de 34 espèces appartenant à 18 familles pour la strate arborée, et 19 espèces appartenant à 14 familles pour les strates arbustives et herbacées, leur état varie entre bon, moyen et mauvais, on observe la fragilité du Peuplier face aux attaques du chancre bactérien, pour le Frêne, Sophora, Mûrier et quelques pieds de Faux poivrier présentent une faible résistance aux opérations d'élagage et d'entretien, le Faux poivrier par sa mauvaise qualité du bois rend la pratique de ces opérations très difficile. Concernant le Murier, l'action de ce phénomène du vandalisme sur cette espèce est bien visible, il est facile à la destruction et à la casse. On note qu'il y a 223 arbres non viables conséquence des divers actes de vandalisme,

ces résultats corroborent celle de (Maurice Savadogo et al., 2016) à Burkina Faso, où l'activité anthropique et les perturbations climatiques étaient les principaux facteurs de dépérissement des arbres urbains de cette ville, de ce fait, la sensibilisation sans relâche des citoyens et des pouvoirs publics locaux demeure la pierre d'achoppement dans la préservation des espaces verts de la ville.

Les arbres d'alignement et les plantes qui constituent les espaces verts restent tributaires de l'aspect esthétique, ornemental, et ne répond pas aux caractéristiques écologiques (adaptation), cela est confirmé par les enquêtés. En fait, selon les études de (Simonet G & Blanc N, 2012), les interlocuteurs estiment que la gestion des espaces verts de la Ville de Paris montre ses limites au moment d'événements extrêmes climatiques. L'exemple de la tempête de 1999 est alors mentionnée, au cours de laquelle de nombreux dégâts (arbres couchés) ont permis de cerner l'inadaptation de certaines essences d'arbres plantées sur le territoire parisien ou dans la région francilienne, incapables d'avoir pu développer un système racinaire suffisamment résistant. Ainsi l'étude de Alatou et al., 2001, durant le même année à Constantine où les températures minimales ont chuté brutalement jusqu'à -13°C, les arbres feuillus sempervirents comme l'Eucalyptus, Acacia, Faux poivrier, le caroubier ont reçu un stress thermique qui a desséché complètement leur feuillage et une partie de leur couronne, ce qui a occasionné des dégâts importants.

En effet, les opérations de verdissement dispersé par les services responsables de gestion pose les problèmes de durabilité, les principaux facteurs mis en cause c'est l'absence des spécialistes qui entraîne le mauvais choix d'espèces d'où dépérissement (Peuplier et Faux poivrier), ces résultats corroborent l'étude de (Alatou, 2001), qui confirme qu'il n'y a pas de choix judicieux fait par les services concernés pour des raisons certainement techniques, dans ce sens la loi algérienne du 2009 a fixé la nomenclature des arbres urbains et des arbres d'alignement afin de limiter le choix des essences pour les plantations à 27 espèces d'arbres et 12 espèces d'arbustes (JO, 2009).

En fait, le budget consacré pour la création et l'aménagement de ces espaces pour assurer le suivi et l'entretien d'une manière continue est insuffisant, d'autre part le non-respect des citoyens est marqué par le vandalisme de différentes manières (cassure, coupe, feu), dans ce sens la loi algérienne a fixé des dispositions pénales allant d'un emprisonnement de trois (3) à six (6) mois et d'une amende de vingt mille dinars (20.000 DA) à cinquante mille dinars

(50.000 DA) quiconque se rend responsable de la dégradation des espaces verts et d'arrachage de jeunes plants ; vers un million de dinars (1.000.000 DA) de toute personne qui détruit volontairement tout ou partie d'un espace vert avec intention de s'emparer des lieux et de les affecter à une quelconque autre activité, et en cas de récidive, la peine est portée au double. Ainsi, l'absence de main-d'œuvre qualifiée pour les opérations d'entretien surtout la taille des arbres qui est parfois agressive et finalement, l'absence de coordination entre les différents secteurs responsables de la gestion a conduit certains projets à l'échec.

En revanche, il faut prendre en considération l'effet pollinisateur des arbres aussi qui pose des problèmes de santé, (46%) de la population enquêtés souffre des allergies au pollen, d'après l'étude de (Baghli, 2016), et selon les allergologues de la région d'El Khroub les tests d'allergies sont en grande partie positifs au pollen des cyprès, et des platanes qui ont un fort pouvoir allergisant et également à celui de l'Olivier et du Troène qui a un potentiel allergisant moyen mais qui provoque d'importantes réactions allergiques vue son nombre élevé dans la région. Les espèces ayant un faible potentiel allergisant (Acacia, Bigaradiers, Eucalyptus, Melia) peuvent être présentées en plus grand nombre que celles avec un fort potentiel allergisant tels que les cyprès, casuarina, platanes.

En fait de nos jours, les études menées sur la nature en ville se structurent en fonction de deux orientations principales: l'évaluation des services éco-systémiques rendus par la biodiversité et la mise en connectivité des habitats particuliers (Lotfi et al., 2012). Ainsi, plus un projet comprend une diversité importante d'espèces, plus grand sera le nombre d'organismes qui en bénéficiera. De ce fait, la diversification des espèces dans les aménagements paysagers est aussi parmi les solutions envisagées pour le problème de la pollinisation, car elle permet de diminuer la concentration de pollen d'une même espèce dans l'air. En fait, lors de la planification, le choix du végétal adéquat est le premier critère à considérer, les décisions de design qui influencent la forme et la structure doivent prendre en compte l'architecture des différentes strates végétales arborescentes, arbustive et herbacée ainsi la connectivité entre elles, la stratification offre une valeur esthétique très importante qu'une végétation simplifiée, elle est attrayante pour la faune en *amplifiant* la biodiversité. Ainsi, l'exemple de la tempête de Paris 1999, a permis de mettre en exergue un manque de diversité biologique dans le choix des plantes et des aménagements. Toujours en relation avec ces maladadaptations en terme de gestion des parcs et jardins, les entretiens indiquent que les méthodes d'arrosage basées sur l'apport d'eau quotidien, régulier et en importante quantité,



sont tellement déconnectées de la réalité météorologique locale que de nombreuses essences végétales herbacées et arbustives ont développé leur système racinaire en fonction de ces conditions factices. Dès lors, les événements climatiques difficiles tels que des épisodes de sécheresse accrue révèlent rapidement l'incapacité des végétaux à résister à de telles conditions, reflet d'une mal adaptation végétale et de gestion, entretenues pendant plusieurs décennies (Simonet **G & Blanc N.**, 2012).

On note le déficit des espaces verts dans la ville d'El Khroub avec un ratio de 0.53 m<sup>2</sup>/ha supérieure à 0.39 m<sup>2</sup>/ha (Ababsa, 2003), mais reste inférieur à la norme nationale de 4 m<sup>2</sup>/ha et international de 10m<sup>2</sup>/ha. En Fait, selon la norme de l'OMS un être humain aurait besoin de 10 m<sup>2</sup> pour ses loisirs, sa détente, et pour lutter contre les pathologies que génèrent les grandes villes: stress, spleen, angoisse, mélancolie, maladies broncho-pulmonaires...etc. Certaines grandes villes ou pays dans le monde disposent un ratio plus de 10 m<sup>2</sup> par habitant tel : Sofia (13 m<sup>2</sup>), Moscou (14 m<sup>2</sup>), Washington (51 m<sup>2</sup>), Los Angeles (139 m<sup>2</sup>), Vienne (25 m<sup>2</sup>). La densité totale des espaces verts de la ville est de l'ordre 1.33 EV/km<sup>2</sup>, elle est considéré comme très faible pour une municipalité comme celle d'El Khroub. Selon Hough, 1989 les corridors ou couloirs verts constituent un lien de transfère entre des aires éloignées et favorisent les échanges entre les espèces à travers la ville , notre étude englobe tous les types d'espace verts existantes dans la ville, pour proposer un mode de gestion durable qui est basé sur la notion de connectivité et de corridor biologique, non seulement pour l'aménagement de nouveaux espaces verts, mais aussi comme faisant partie d'un ensemble plus vaste formant ainsi la trame verte de l'agglomération. Or Thorez J-P, 2008, mentionne que l'intérêt de la gestion durable est de trouver un équilibre entre le confort paysager ou l'agrément du public, les exigences écologiques et les contraintes pratiques et économiques. La présente proposition a pour but d'appliquer le mode de gestion le plus adapté selon le code qui comporte les espaces où la gestion est similaire, ainsi les mêmes descriptifs précis des tâches à accomplir comprenant les fréquences de passages, le budget consacré, et le matériel à utiliser, cet état d'esprit, nécessite la collaboration entre les organismes responsables de la gestion par une seul stratégie où les travaux sont bien limités pour chaque secteur, en assurant l'intervention continue d'une manière durable, cela peut diminuer les pertes de temps, d'argent et d'effort humain. Ce nouveau mode de gestion dite écologique, différencié, ou intégrée est apparu durant les années 80, porte les notions de corridors écologiques et réserves urbaines de biodiversité, en éliminant l'utilisation des produits chimiques (Aggeri., 2004, Lotfi M., 2012).

Afin d'appliquer le principe de la gestion différenciée dès la conception d'un espace vert, il faut tenir compte de l'ensemble des usages et objectifs assignés au site, la complexité se décline aussi dans le choix des espèces pour favoriser la biodiversité, plusieurs paramètres entre en jeu, de la participation des citoyens jusqu'à l'échelle de l'arbre (adaptation, effet pollinisateurs, valeur paysagère... etc). Alors, la ville doit être considérée comme un ensemble de maillage, et de lier entre les sept codes par la plantation et la diversification des arbres d'alignements le long des principaux axes, route nationale n°20 et n°3, et de continuer l'alignement vers les espaces périurbain qui constituent des milieux naturels tel ; la forêt d'El Meridj et de Baaraouia, la merdja de Ain Bounaas, et la campagne. Ainsi, création de nouveaux espaces verts du type accompagnements de voie, et en parallèle de couvrir les surfaces existantes déjà par des plantes herbacées locales et bien acclimatées aux conditions du milieu.

## 1. Résultats

### 1.1. La chlorophylle (a) et (b)

#### 1.1.1. L'*Acacia heterophylla Willd* (Tamarin des Hauts)

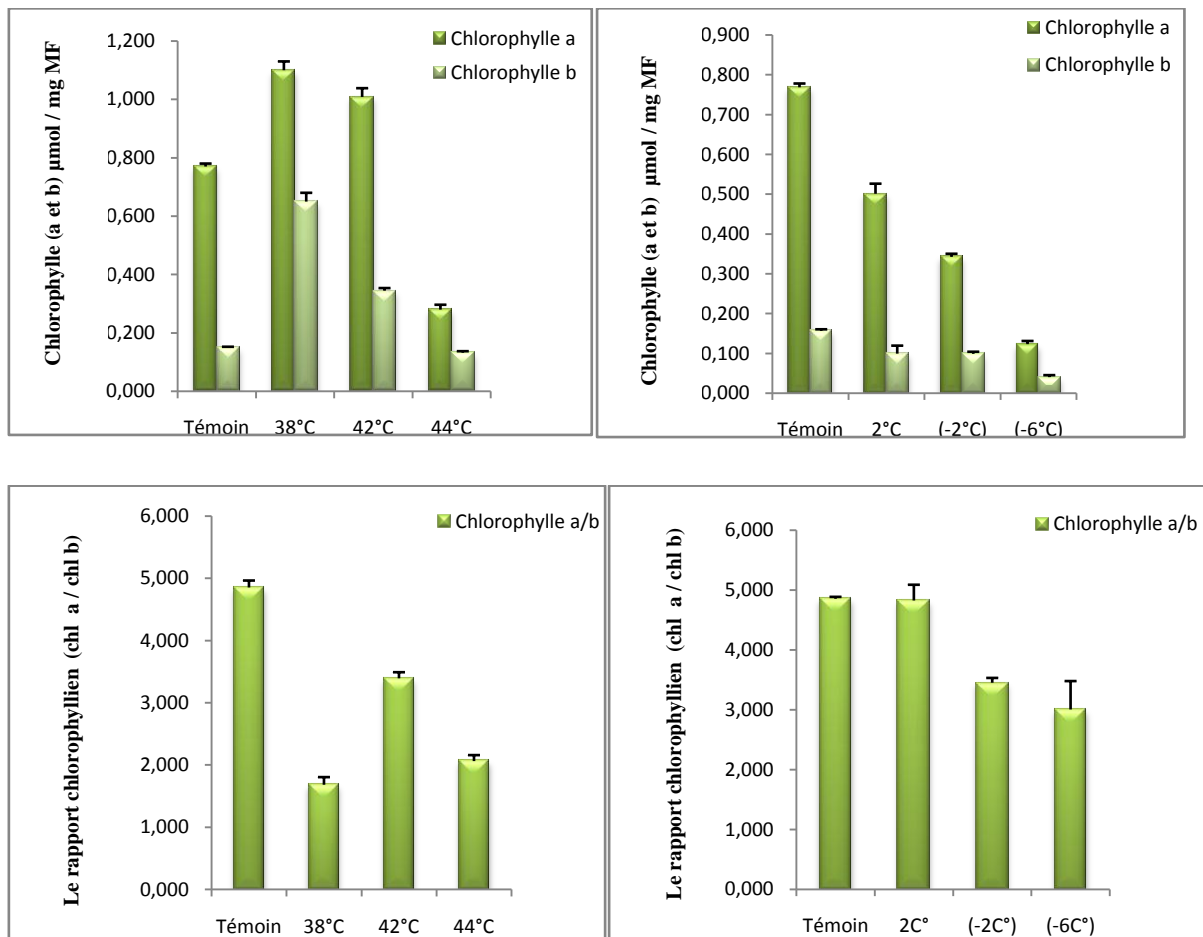
La chlorophylle est dosée dans les feuilles de l'*Acacia heterophylla Willd* stressées par des hautes et des basses températures comprises entre 44°C et -6°C (figure 4). Les hautes températures induisent une diminution de la synthèse de la chlorophylle (a et b) à partir de 44°C, où le taux de réduction est l'ordre de 64,23% pour la chlorophylle a, et de 15,75% pour la chlorophylle b. Concernant les basses températures, les résultats montrent une baisse de la chlorophylle a et b à partir de 2°C avec une diminution significative à -6°C de l'ordre de 83,89% pour la chlorophylle a, et de 73,57% pour la chlorophylle b. Une différence très hautement significative entre les températures est observée et confirmée par l'analyse de la variance à un critère de classification ( $p < 0.0001$ ).

La comparaison des moyennes des hautes températures par le test de Newman et Keuls à 5% fait sortir trois groupes homogènes pour la chlorophylle a et b (tableau 9), où le témoin correspond au groupe (B) pour la chlorophylle a et au groupe (C) pour la chlorophylle b.

**Tableau 9.** Groupes homogènes des moyennes estimées de la chlorophylle a et b ( $\mu\text{mol} / \text{mg MF}$ ) selon le test Newman et Keuls à 5% chez les feuilles de L'*Acacia heterophylla Willd* soumis aux hautes et basses températures.

Hautes températures	Chlorophylle a	Chlorophylle b	Basses températures	Chlorophylle a	Chlorophylle b
Témoin	0,76 b	0,16 c	Témoin	0,76 a	0,16 a
38°C	1,10 a	0,65 a	-6°C	0,12 d	0,04 c
42°C	1,01 a	0,29 b	-2°C	0,34 c	0,10 b
44°C	0,27 c	0,13 c	2°C	0,50 b	0,10 b

Pour les basses températures, le même test nous a donné quatre groupes homogènes pour la chlorophylle (a) et trois groupes homogènes pour la chlorophylle (b) (tableau 9) ; où le premier groupe correspond au témoin avec les moyennes les plus élevées (0,76  $\mu\text{mol} / \text{mg MF}$  ; 0,16  $\mu\text{mol} / \text{mg MF}$ ) respectivement, et le dernier groupe (d) comprend la température -6°C avec les moyennes les plus faibles (0,12  $\mu\text{mol} / \text{mg MF}$ ; 0,04  $\mu\text{mol} / \text{mg MF}$ ) respectivement.



**Figure 5. Variation des taux de la chlorophylle (a et b) et du rapport chlorophyllien chez les feuilles de l'*Acacia heterophylla* Willd en fonction des hautes et basses températures**

Le rapport chlorophyllien testé dans les feuilles de *Acacia heterophylla* Willd diffère selon les températures (figure 5), après les traitements thermiques aux hautes températures, une nette diminution est enregistrée par rapport au témoin, où la teneur la plus faible est obtenue à 38°C, avec un taux de réduction de 65,33%. Les résultats pour les basses températures montrent aussi une diminution du rapport chlorophyllien en comparaison au témoin, où le taux de réduction atteint son maximum à -6°C (38,11%). Les résultats de l'analyse de la variance à un critère fixe, révèlent des différences très significatives entre les différents niveaux des températures.

L'analyse statistique par le test Newman et Keuls à 5% illustré dans le tableau 2, montre l'existence de quatre groupes homogènes pour les hautes températures, et trois groupes homogènes pour les moyennes des basses températures, le témoin occupe le premier groupe avec la moyenne la plus élevée (4,85).

**Tableau 10.** Groupe homogènes des moyennes estimées du rapport chlorophyllien (a/b) selon le test Newman et Keuls à 5 % chez les feuilles de l'*Acacia heterophylla* soumis aux hautes et basses températures.

Hautes températures	Rapport chlorophyllien	Basses températures	Rapport chlorophyllien
Témoin	4,85 a	Témoin	4,85 a
38°C	1,68 d	-6°C	4,82 a
42°C	3,39 b	-2°C	3,44 b
44°C	2,06 c	2°C	3,00 c

### 1.1.2. *Fraxinus angustifolia* (Frêne oxyphylle)

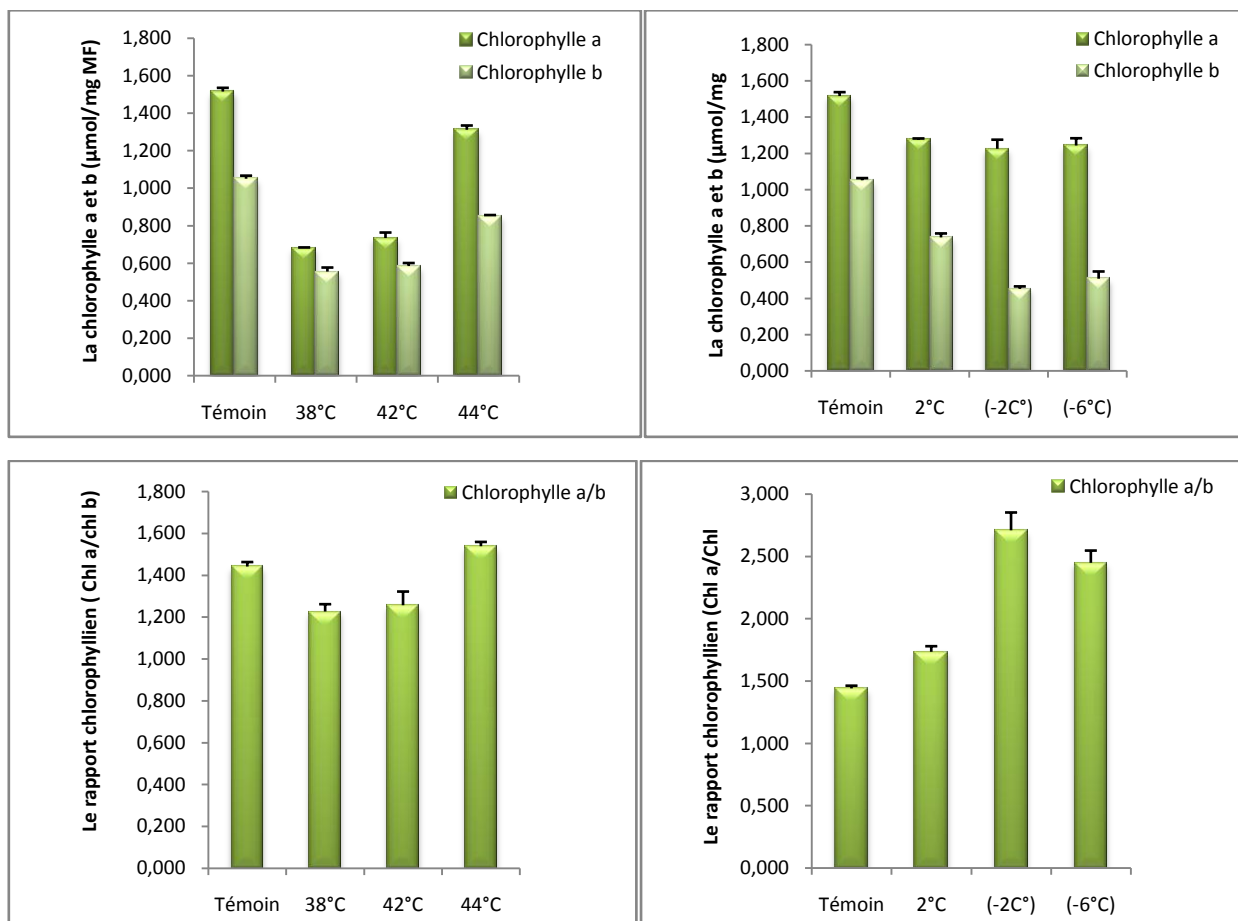
L'exposition des jeunes plants de *Fraxinus angustifolia* aux hautes températures a induit une diminution de la synthèse de la chlorophylle a et b ; les plus faibles teneurs sont obtenues à 38°C avec des taux de réduction de l'ordre de 54,99%, 47,09%, respectivement les résultats sont représentés dans la figure 6. Concernant les basses températures les résultats montrent une nette diminution de la synthèse de la chlorophylle a et b, où les petites valeurs sont observées à (-6°C) avec des taux de réduction de l'ordre de 19,12%, 56,42 % respectivement. Une différence très hautement significative entre les températures est observée et confirmée par l'analyse de la variance à un critère de classification ( $p < 0.0001$ ).

Le test de Newman et Keuls à 5% fait ressortir deux groupes homogènes pour la chlorophylle a, et trois groupes pour la chlorophylle b ; le témoin comprend le groupe (A) avec les moyennes les plus élevées (1,52  $\mu\text{mol} / \text{mg MF}$ , 1,04  $\mu\text{mol} / \text{mg MF}$ ) respectivement, les résultats sont mentionnés dans le tableau 11.

**Tableau 11.** Groupes homogènes des moyennes estimées de la chlorophylle a et b ( $\mu\text{mol} / \text{mg MF}$ ) selon le test Newman et Keuls à 5% chez les feuilles de *Fraxinus angustifolia* soumis aux hautes et basses températures.

Hautes températures	Chlorophylle a	Chlorophylle b	Basses températures	Chlorophylle a	Chlorophylle b
Témoin	1,52 a	1,04 a	Témoin	1,52 a	1,04 a
38°C	0,68 b	0,55 c	-6°C	1,24 b	0,51 c
42°C	0,73 b	0,58 c	-2°C	1,22 b	0,45 c
44°C	1,31 a	0,85 b	2°C	1,27 b	0,73 b

La comparaison des moyennes des basses températures par le test de Newman et Keuls à 5% fait sortir deux groupes homogènes pour la chlorophylle a, et trois groupes pour la chlorophylle b (tableau 12), où le témoin correspond au groupe (a) pour la chlorophylle a et b avec les plus fortes moyennes.



**Figure 6. Variation des taux de la chlorophylle (a et b) et du rapport chlorophyllien chez les feuilles du *Fraxinus angustifolia* en fonction des hautes et basses températures**

L'analyse du rapport chlorophyllien (a/b) dans les feuilles de *Fraxinus angustifolia* est illustrée dans la figure 18, les résultats montrent des variations très hautement significative entre les différentes températures ( $p < 0,001$ ). Les plus fortes valeurs sont enregistrés aux températures (44°C et -2°C) avec les moyennes de 1,53 et 2,70.

Le test New Newman et Keuls à 5% révèle l'existence de deux groupes homogènes pour les traitements thermiques aux hautes et basses températures, les résultats sont représentés par leurs paramètres statistiques dans le tableau 12.

**Tableau 12.** Groupes homogènes des moyennes estimées du rapport chlorophyllien (a/b) selon le test Newman et Keuls à 5% chez les feuilles de *Fraxinus angustifolia* soumis aux hautes et basses températures.

<b>Hautes températures</b>	<b>Rapport chlorophyllien</b>	<b>Basses températures</b>	<b>Rapport chlorophyllien</b>
<b>Témoin</b>	1,45 <b>a</b>	<b>Témoin</b>	1,45 <b>b</b>
<b>38°C</b>	1,22 <b>b</b>	<b>-6°C</b>	2,44 <b>a</b>
<b>42°C</b>	1,25 <b>b</b>	<b>-2°C</b>	2,07 <b>a</b>
<b>44°C</b>	1,53 <b>a</b>	<b>2°C</b>	1,73 <b>b</b>

### **1.1.3. *Melia azedarach* (Lilas des perse)**

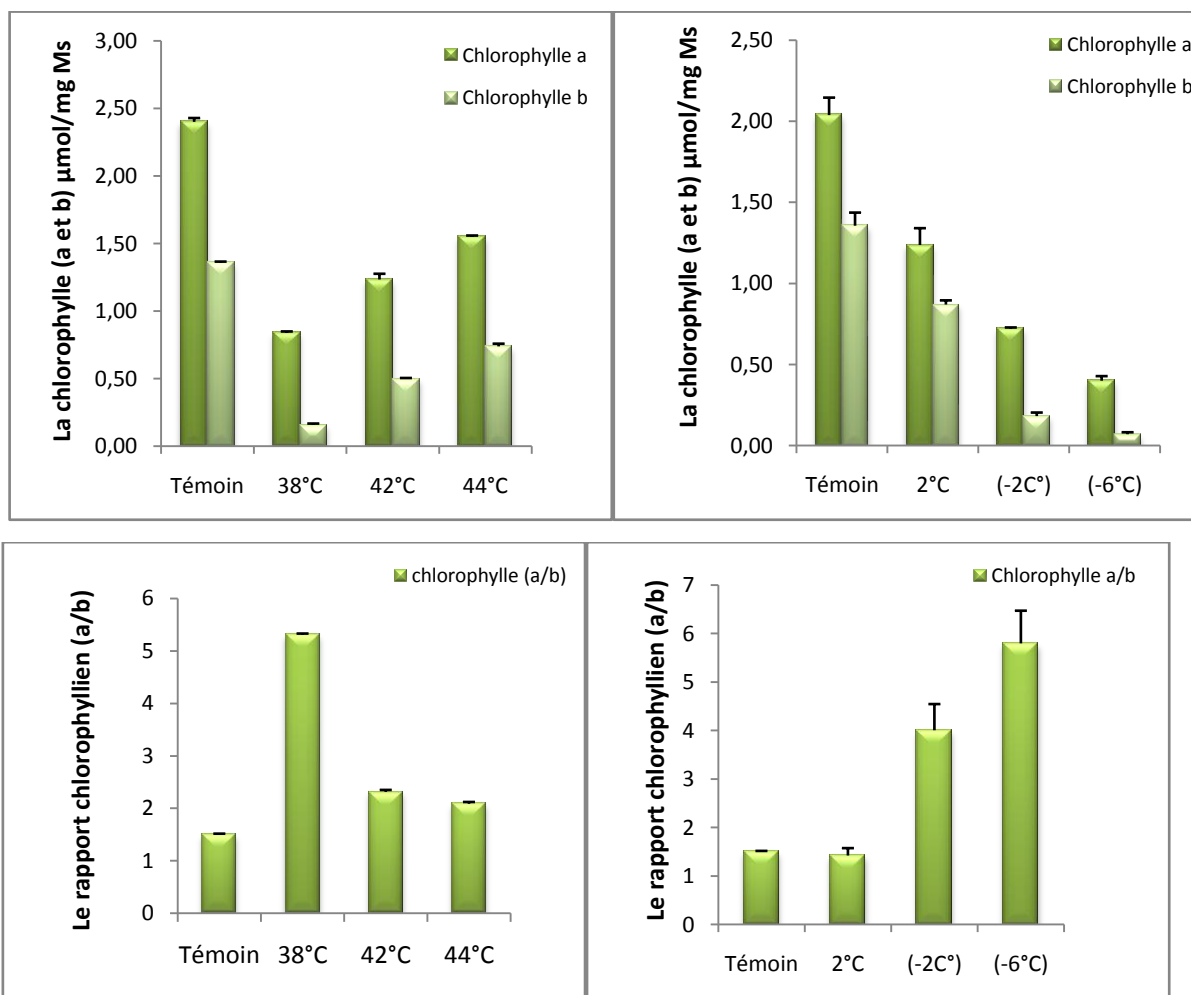
Les résultats de la synthèse de la chlorophylle (a et b) au niveau des feuilles de *Melia azedarach* durant les stress appliqués, sont illustrés dans la figure 7. La chlorophylle a et b présente une faible synthèse par rapport au témoin. Pour les traitements thermiques aux hautes températures, le taux de réduction est maximum à 38°C avec 58,74% pour la chlorophylle a et 60,81% pour la chlorophylle b. Ainsi, pour les basses températures les teneurs en chlorophylle diminuent au fur et à mesure que la température baisse, avec un taux de réduction de 80,33% pour la chlorophylle a et de 94,77% pour la chlorophylle b. Une différence hautement significative entre les températures est observée et confirmée par l'analyse de la variance avec  $p < 0.001$ .

Les résultats de l'analyse statistique par le test Newman et Keuls à 5% des traitements thermiques aux hautes températures (tableau 15), révèlent l'existence de quatre groupes homogènes pour la chlorophylle a et b dont le témoin occupe le premier groupe (a), tandis que les températures 38°C, 42°C et 44°C sont affectées respectivement aux deuxième, troisième et quatrième groupe.

**Tableau 13.** Groupes homogènes des moyennes estimées de la chlorophylle a et b ( $\mu\text{mol} / \text{mg MF}$ ) selon le test Newman et Keuls à 5% dans les feuilles de *Melia azedarach* en fonction des hautes et des basses températures.

<b>Hautes températures</b>	<b>Chlorophylle a</b>	<b>Chlorophylle b</b>	<b>Basses températures</b>	<b>Chlorophylle a</b>	<b>Chlorophylle b</b>
<b>Témoin</b>	2,04 <b>a</b>	1,33 <b>a</b>	<b>Témoin</b>	2,04 <b>a</b>	1,33 <b>a</b>
<b>38°C</b>	0,84 <b>d</b>	0,15 <b>d</b>	<b>-6°C</b>	1,27 <b>d</b>	0,07 <b>c</b>
<b>42°C</b>	1,23 <b>c</b>	0,53 <b>c</b>	<b>-2°C</b>	0,72 <b>c</b>	0,18 <b>c</b>
<b>44°C</b>	1,54 <b>b</b>	0,74 <b>b</b>	<b>2°C</b>	0,40 <b>b</b>	0,87 <b>b</b>

Pour les basses températures quatre groupes sont élaborés par le test Newman et Keuls à 5% pour la chlorophylle a où le témoin comprend le premier groupe, et la température -6°C correspond au dernier groupe ; cependant, pour la chlorophylle b le même test donne trois groupes homogènes où le premier groupe est affecté au témoin, le deuxième correspond à la température 2°C, et le dernier groupe comprend les températures -2°C et -6°C.



**Figure 7. Variation du taux de la chlorophylle (a et b) et du rapport chlorophyllien chez les feuilles de *Melia azedarach* en fonction des hautes et basses températures**

Le rapport chlorophyllien mesuré dans les feuilles de *Melia azedarach* reflète une augmentation par rapport au témoin, après les traitements thermiques aux hautes températures, où la valeur la plus élevée est obtenue à 38°C, avec un taux de d'augmentation de 253,43%. Concernant les basses températures une légère diminution de l'ordre de 37,90 % est observé à 2°C, puis on enregistre une augmentation du rapport chlorophyllien jusqu'à -6°C avec un taux d'accroissement de 285,73 %.



Pour les hautes température, le test New Newman et Keuls à 5% présente quatre groupes homogènes du rapport chlorophyllien (tableau 14), où le témoin représente le derniers groupe avec la moyenne la plus faible (1,51), Or pour les traitements thermiques aux basses température, le même test montre la présence de trois groupes homogènes, le premier groupe comprend la ta température -6°C et le dernier groupe correspond au témoin avec la température 2°C.

**Tableau 14.** Groupes homogènes des moyennes estiméesdu rapport chlorophyllien (a/b) Le test Newman et Keuls à 5% chez les feuilles de *Melia azedarach* en fonction des hautes et des basses températures.

<b>Hautes températures</b>	<b>Rapport chlorophyllien</b>	<b>Basses températures</b>	<b>Rapport chlorophyllien</b>
<b>Témoin</b>	1,51 <b>d</b>	<b>Témoin</b>	1,51 <b>c</b>
<b>38°C</b>	5,31 <b>a</b>	<b>-6°C</b>	5,79 <b>a</b>
<b>42°C</b>	2,31 <b>b</b>	<b>-2°C</b>	4,00 <b>b</b>
<b>44°C</b>	2,09 <b>c</b>	<b>2°C</b>	1,45 <b>c</b>

#### **1.1.4. Orangé des osages (*Maclura pomifera*)**

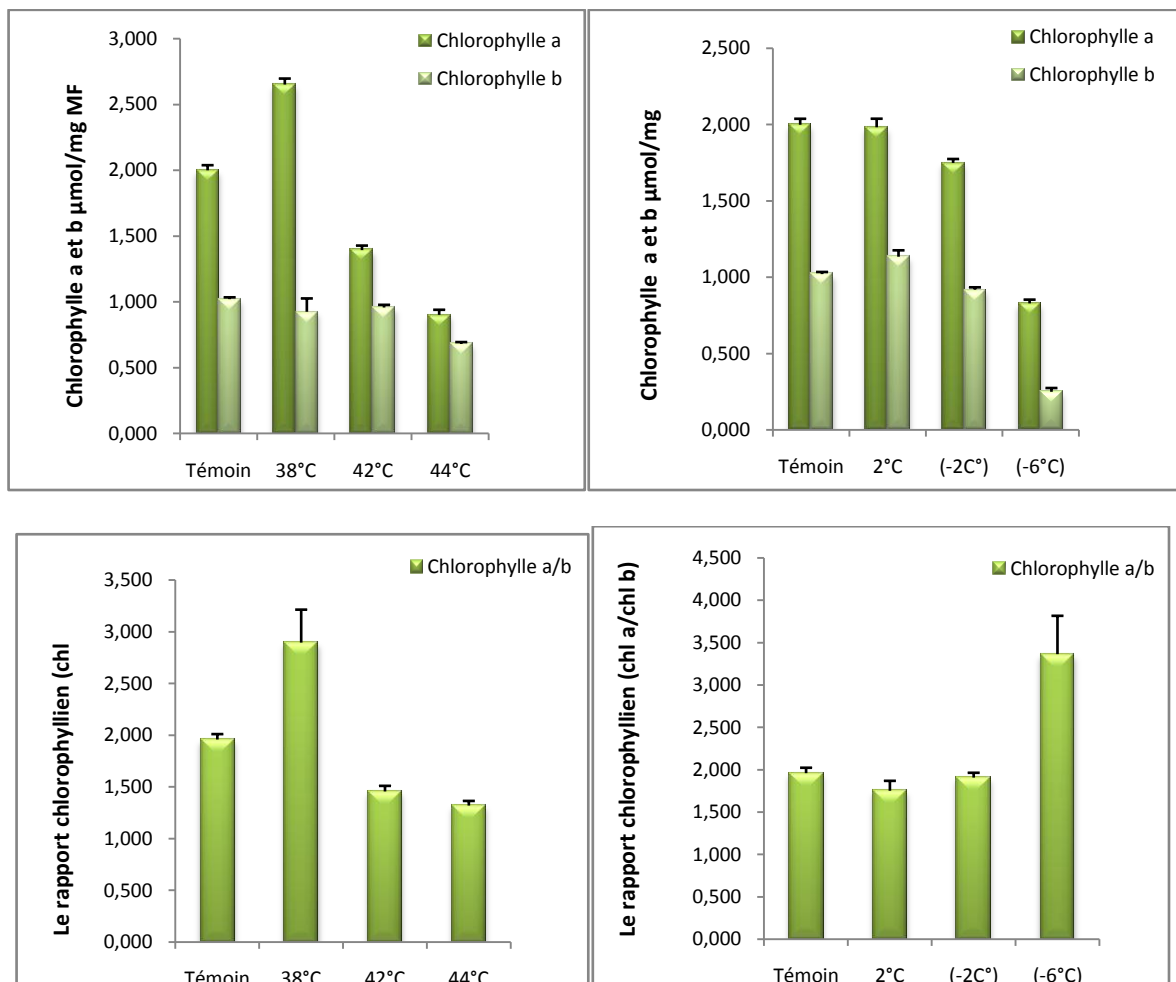
La chlorophylle est dosée dans les feuilles de *Maclura pomifera* stresséespour les hautes et les basses températures comprises entre 44°C et -6C (figure 8). Les hautes températures induisent une diminution de la synthèse de la chlorophylle (a et b) à partir de la température 42°C, ainsi le taux de réduction atteint son minimum à 44°C avec 54,94% pour la chlorophylle a, et 33,16% pour la chlorophylle b. Concernant les basses températures, les résultats montrent une baisse de la synthèse de la chlorophylle a et b à partir de 2°C avec une diminution significative à -6°C de l'ordre de 58,57% pour la chlorophylle a, et 75,66% pour la chlorophylle b. Une différence très hautement significative entre les températures est observée et confirmée par l'analyse de la variance à un critère de classification ( $p < 0.0001$ ).

La comparaison des moyennes des hautes températures par le test de Newman et Keuls à 5% fait sortir quatre groupes homogènes pour la chlorophylle a et deux groupes homogènes pour la chlorophylle b. Les résultats sont représentés par leurs paramètres statistiques dans le tableau 15.

**Tableau 15.** Groupes homogènes des moyennes estimées de la chlorophylle a et b ( $\mu\text{mol} / \text{mg}$  MF) selon le test Newman et Keuls à 5% chez les feuilles de *Maclura pomifera* pour les hautes et les basses températures.

Hautes températures	Chlorophylle (a)	Chlorophylle (b)	Basses températures	Chlorophylle (a)	Chlorophylle (b)
Témoin	1,98 b	1,02 a	Témoin	1,98 a	1,02 a
38°C	2,65 a	0,92 a	-6°C	0,82 c	0,24 c
42°C	1,39 c	0,95 a	-2°C	1,74 b	0,96 b
44°C	0,92 d	0,68 b	2°C	1,98 a	1,13 a

Pour les basses températures, le même test nous a donné trois groupes homogènes pour la chlorophylle a et b (tableau 15), où le premier groupe (a) correspond au témoin avec les moyennes les plus élevées, et le dernier groupe comprend la température -6°C avec les moyennes les plus faibles.



**Figure 8.** Variation des taux de la chlorophylle (a et b) et du rapport chlorophyllien chez les feuilles de *Maclura pomifera* pour les hautes et basses températures

Le rapport chlorophyllien testé dans les feuilles de *Maclura pomifera* sous l'effet des hautes températures diffère selon le stress appliqué (figure 8), une légère augmentation de celle-ci est enregistrée à 38°C avec un taux d'accumulation de 18,37%, puis on enregistre une nette diminution des teneurs en rapport chlorophyllien par rapport au témoin à 44°C avec un taux de réduction de l'ordre de 47,58%. Concernant les basses températures, on observe une diminution du rapport chlorophyllien par rapport au témoin jusqu'à -2°C, puis une forte augmentation de celle-ci est enregistrée à -6°C avec un taux d'augmentation de l'ordre de 71,69%. Les résultats de l'analyse de la variance à un critère fixe, révèlent des différences très significatives entre les différents niveaux de température.

L'analyse statistique par le test Newman et Keuls à 5% illustrée dans le tableau 16, montre l'existence de deux groupes homogènes pour les traitements thermiques aux hautes et basses températures ; le premier groupe (a) comprend les températures 38°C et -6°C avec les moyennes les plus élevées, et le deuxième correspond aux températures 42°C, 44°C, 2°C, -2°C et le témoin.

**Tableau 16.** Groupes homogènes des moyennes estimées selon le test Newman et Keuls à 5% du rapport chlorophyllien (a/b) chez les feuilles de *Maclura pomifera* soumis aux hautes et basses températures.

<b>Hautes températures</b>	<b>Rapport chlorophyllien</b>	<b>Basses températures</b>	<b>Rapport chlorophyllien</b>
<b>Témoin</b>	1,93 <b>b</b>	<b>Témoin</b>	1,93 <b>b</b>
<b>38°C</b>	2,89 <b>a</b>	<b>-6°C</b>	3,36 <b>a</b>
<b>42°C</b>	1,45 <b>b</b>	<b>-2°C</b>	1,90 <b>b</b>
<b>44°C</b>	1,32 <b>b</b>	<b>2°C</b>	1,75 <b>b</b>

#### **1.1.5. Le Raisin d'Amérique (*Phytolacca americana*)**

L'exposition des jeunes plants de *Phytolacca americana* aux hautes températures a induit une diminution de la synthèse de la chlorophylle a et b ; les plus faibles teneurs sont obtenues à 38°C avec des taux de réduction de l'ordre de 24,84% et 37%. Concernant les basses températures les résultats montrent aussi une diminution des teneurs en chlorophylle a et b avec la baisse de la température, or les petites valeurs sont obtenues à -6°C avec des taux de réduction de l'ordre de 19,12%, 56,42 % (figure 9). Une différence très hautement significative entre les températures est observée et confirmée par l'analyse de la variance à un critère de classification ( $p < 0.0001$ ).

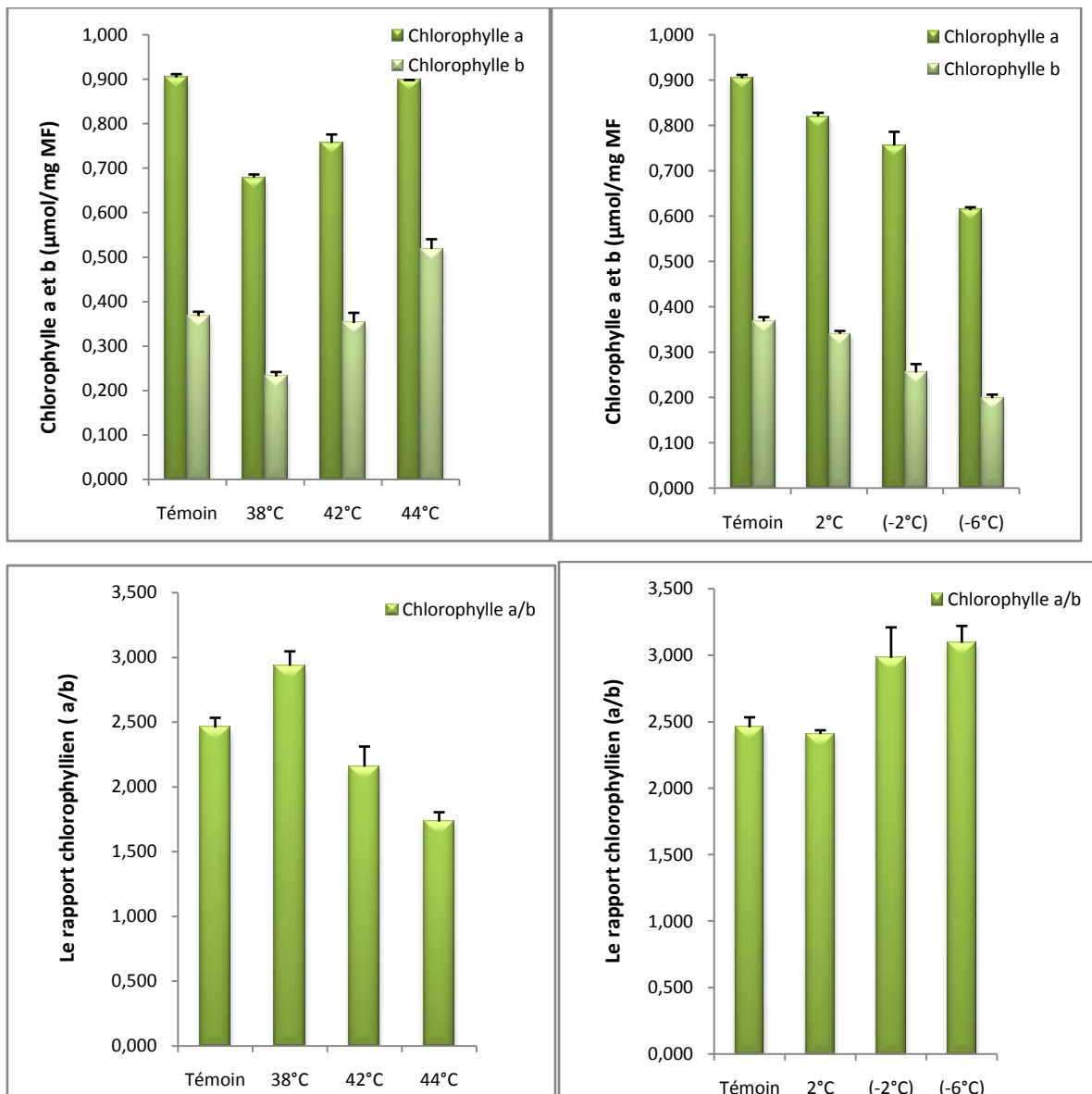
Pour les traitements thermiques aux hautes températures, le test de Newman et Keuls à 5% fait ressortir trois groupes homogènes pour la chlorophylle a, le groupe (a) comprend la température 44°C et le témoin avec les moyennes les plus élevées (0,89 µmol/mg MF, 0,90 µmol/mg MF) respectivement, le groupe (b) comprend la température 42°C (0,75 µmol/mg MF), et le dernier groupe (c) correspond à la température 38°C avec la moyenne la plus faible (0,67 µmol/mg MF). Concernant la chlorophylle b, trois groupes homogènes sont élaborés aussi par le même test, le premier groupe est occupé par la température 44°C avec la moyenne la plus élevée, le groupe (b) comprend la température 42°C et le témoin, et le dernier groupe (c) correspond à la température 38°C avec la moyenne la plus faible. Les résultats sont mentionnés par leurs paramètres statistiques dans le tableau 17.

**Tableau 17.** Groupes homogènes des moyennes estimées de la chlorophylle a et b (µmol / mg MF) selon le test Newman et Keuls à 5% chez les feuilles de *Phytolacca americana* soumis aux hautes et basses températures.

<b>Hautes températures</b>	<b>Chlorophylle a</b>	<b>Chlorophylle b</b>	<b>Basses températures</b>	<b>Chlorophylle a</b>	<b>Chlorophylle b</b>
<b>Témoin</b>	0,90 <b>a</b>	0,37 <b>b</b>	<b>Témoin</b>	0,90 <b>a</b>	0,37 <b>a</b>
<b>38°C</b>	0,67 <b>c</b>	0,23 <b>c</b>	<b>-6°C</b>	0,61 <b>c</b>	0,19 <b>c</b>
<b>42°C</b>	0,75 <b>b</b>	0,35 <b>b</b>	<b>-2°C</b>	0,75 <b>b</b>	0,25 <b>b</b>
<b>44°C</b>	0,89 <b>a</b>	0,51 <b>a</b>	<b>2°C</b>	0,82 <b>a</b>	0,34 <b>a</b>

La comparaison des moyennes des basses températures par le test de Newman et Keuls à 5% fait sortir trois groupes homogènes pour la chlorophylle a et b (tableau 17), le témoin et la température 2°C correspond au premier groupe (a) avec les plus fortes moyennes, le deuxième groupe (b) comprend la température -2°C, et le dernier groupe (c) correspond à la température -6°C avec les moyennes les plus faibles.

L'analyse du rapport chlorophyllien dans les feuilles de *Phytolacca americana* est illustré dans la figure 35, les résultats montrent des variations très hautement significatives entre les différentes températures ( $p < 0,001$ ). Les plus fortes valeurs sont enregistrés aux températures 38°C et -6°C avec des taux d'augmentations de l'ordre de 19,40%, 25,84%. Le test Newman et Keuls à 5% révèle l'existence de quatre groupes homogènes pour les traitements thermiques aux hautes températures, le premier groupes (a) correspond à la température 38°C avec la moyenne la plus élevé, le groupe (b) correspond au témoin, le troisième groupe (c) comprend la température 42°C, et le dernier groupe (d) correspond à la température 44°C avec la moyenne la plus faible.



**Figure 9. Variation des taux de la chlorophylle (a et b) et du rapport chlorophyllien chez les feuilles du *Phytolacca americana* pour les hautes et les basses températures.**

Pour les basses températures le même test relève l'existence de deux groupes homogènes, le premiers groupe (a) correspond aux températures -6°C, -2°C avec les moyennes les plus élevées, et le dernier groupe (b) comprend le témoin et la température 2°C avec la moyenne la plus faible. Les résultats sont illustrés par leurs paramètres statistiques dans le tableau 18.

**Tableau 18.** Groupes homogènes des moyennes estimées du rapport chlorophyllien (a/b) selon le test Newman et Keuls à 5% chez les feuilles de *Phytolacca americana* soumis aux hautes et basses températures.

<b>Hautes températures</b>	<b>Rapport chlorophyllien</b>	<b>Basses températures</b>	<b>Rapport chlorophyllien</b>
<b>Témoin</b>	2,41 <b>b</b>	<b>Témoin</b>	2,41 <b>b</b>
<b>38°C</b>	2,93 <b>a</b>	<b>-6°C</b>	3,09 <b>a</b>
<b>42°C</b>	2,15 <b>c</b>	<b>-2°C</b>	2,98 <b>a</b>
<b>44°C</b>	1,73 <b>d</b>	<b>2°C</b>	2,40 <b>b</b>

## 1.2. Le classement des espèces en fonction de la température et de la teneur en chlorophylle (a) et (b) et du rapport chlorophyllien

### 1.2.1. Les hautes températures

Le classement des espèces en fonction de la teneur en chlorophylle (a) s'établit pour les feuilles selon la séquence suivante :

**Témoin :** *Melia azedarach* > *Maclura pomifera* > *Fraxinus angustifolia* > *Phytolacca americana* > *Acacia heterophylla* Willd.

**38°C:** *Maclura pomifera* > *Acacia heterophylla* Willd > *Melia azedarach* > *Fraxinus angustifolia* > *Phytolacca americana*.

**42°C:** *Maclura pomifera* > *Melia azedarach* > *Acacia heterophylla* Willd > *Phytolacca Americana* > *Fraxinus angustifolia*.

**44°C:** *Fraxinus angustifolia* > *Melia azedarach* > *Maclura pomifera* > *Phytolacca Americana* > *Acacia heterophylla* Willd.

Le classement des espèces en fonction de la teneur en chlorophylle (b) s'établit pour les feuilles selon la séquence suivante :

**Témoin :** *Melia azedarach* > *Fraxinus angustifolia* > *Maclura pomifera* > *Phytolacca americana* > *Acacia heterophylla* Willd.

**38°C:** *Maclura pomifera* > *Acacia heterophylla* Willd > *Fraxinus angustifolia* > *Phytolacca americana* > *Melia azedarach*.

**42°C:** *Maclura pomifera* > *Fraxinus angustifolia* > *Melia azedarach* > *Phytolacca Americana* > *Acacia heterophylla* Willd .

**44°C:** *Fraxinus angustifolia* > *Melia azedarach* > *Maclura pomifera* > *Phytolacca Americana* > *Acacia heterophylla* Willd.

Le classement des espèces en fonction du rapport chlorophyllien s'établit pour les feuilles selon la séquence suivante :

**Témoin :** *Acacia heterophylla* Willd > *Phytolacca americana* > *Maclura pomifera* > *Melia azedarach* > *Fraxinus angustifolia*

**38°C:** *Melia azedarach* > *Phytolacca americana* > *Maclura pomifera* > *Acacia heterophylla* Willd > *Fraxinus angustifolia*

**42°C:** *Acacia heterophylla* Willd > *Melia azedarach* > *Phytolacca Americana* > *Maclura pomifera* > *Fraxinus angustifolia*.

**44°C:** *Melia azedarach* > *Acacia heterophylla* Willd > *Phytolacca Americana* > *Fraxinus angustifolia* > *Maclura pomifera*.

### 1.2.2. Les basses températures

Le classement des espèces en fonction de la teneur en chlorophylle (a) s'établit pour les feuilles selon la séquence suivante :

**Témoin :** *Acacia heterophylla* Willd > *Phytolacca americana* > *Maclura pomifera* > *Melia azedarach* > *Fraxinus angustifolia*

**-6°C:** *Melia azedarach* > *Fraxinus angustifolia* > *Maclura pomifera* > *Phytolacca Americana* > *Acacia heterophylla* Willd.

**-2°C:** *Maclura pomifera* > *Fraxinus angustifolia* > *Phytolacca Americana* > *Melia azedarach* > *Acacia heterophylla* Willd.

**2°C:** *Maclura pomifera* > *Fraxinus angustifolia* > *Phytolacca Americana* > *Acacia heterophylla* Willd > *Melia azedarach*.

Le classement des espèces en fonction de la teneur en chlorophylle (b) s'établit pour les feuilles selon la séquence suivante :

**Témoin :** *Melia azedarach* > *Fraxinus angustifolia* > *Maclura pomifera* > *Phytolacca americana* > *Acacia heterophylla* Willd.

**-6°C:** *Fraxinus angustifolia* > *Maclura pomifera* > *Phytolacca Americana* > *Melia azedarach* > *Acacia heterophylla* Willd.

**-2°C:** *Maclura pomifera* >*Fraxinus angustifolia*>*Phytolacca Americana*> *Melia azedarach*  
> *Acacia heterophylla Willd.*

**2°C:** *Maclura pomifera* > *Melia azedarach* >*Fraxinus angustifolia*>*Phytolacca Americana*>  
*Acacia heterophylla Willd.*

Le classement des espèces en fonction du rapport chlorophyllien s'établit pour les feuilles selon la séquence suivante :

**Témoin :** *Acacia heterophylla Willd* >*Phytolacca americana*> *Maclura pomifera* >*Melia azedarach* >*Fraxinus angustifolia*

**-6°C:***Melia azedarach* > *Acacia heterophylla Willd*> *Maclura pomifera* >*Phytolacca Americana* > *Fraxinus angustifolia* .

**-2°C:** *Melia azedarach* > *Acacia heterophylla Willd*>*Phytolacca Americana* > *Fraxinus angustifolia* > *Maclura pomifera*.

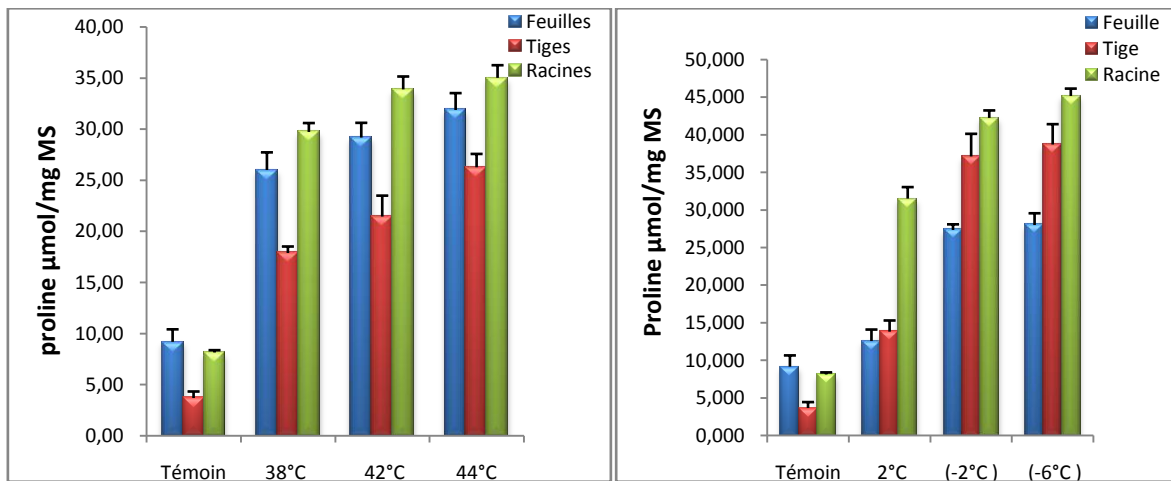
**2°C:** *Acacia heterophylla Willd* >*Phytolacca Americana*> *Maclura pomifera* >*Fraxinus angustifolia*> *Melia azedarach*..

### **1.3. La proline**

#### **1.3.1. L'Acacia heterophylla Willd**

Les résultats des traitements thermiques par les hautes et basses températures montrent une importante accumulation de la proline chez les organes de L'*Acacia heterophylla Willd* , où on enregistre des teneurs très élevées à 44°C avec un taux d'accumulation de l'ordre de 610,95% au niveau des racines, de 246,59 % au niveau des tiges et de 329,70 % dans les feuilles, alors que les teneurs les plus faibles sont signalées pour le témoin. Pour les traitements thermiques aux basses températures, l'accumulation de la proline est également plus élevée au niveau des racines par rapport aux autres organes, les plus fortes teneurs sont mentionnées à -6°C avec un taux d'accumulation de 454,59% dans les racines, 948,32% dans les tiges et 204,69% dans les feuilles. L'analyse de la variance à deux critères de classification pour les hautes et basses températures signale des différences très hautement significatives entre les températures.





**Figure 10. Variation des teneurs en proline chez l’*Acacia heterophylla* Willd sous traitements thermiques aux hautes et basses températures.**

Le test de Newman et Keuls à 5% révèle l’existence de 4 groupes homogènes pour les hautes températures, le premier groupe (a) correspond à la température 44C° avec la moyenne la plus élevée, et dernier groupe (d) correspond au témoin avec la moyenne la plus faible (07,01µmol/mg MS). Pour les basses températures le même test fait sortir 3 groupes homogènes, le premiers (a) correspond aux températures (-6°C et -2°C) avec les moyennes les plus élevées, et le dernier groupe (d) comprend le témoin avec la moyenne la plus faible.

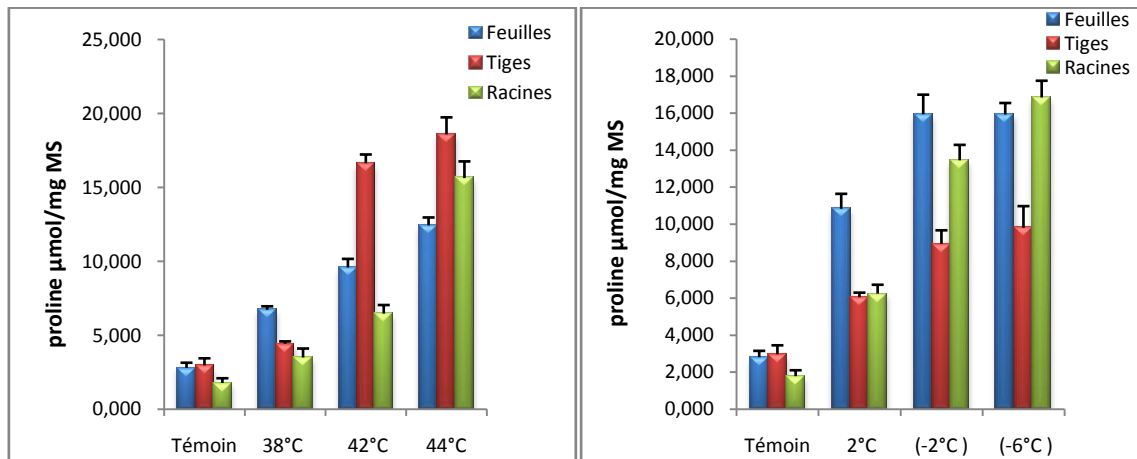
**Tableau 19.** Groupes homogènes des moyennes estimées de la proline selon le test de Newman et Keuls à 5% chez l’*Acacia heterophylla* Willd soumis à un stress par les hautes et basses températures.

Hautes températures	Proline (µmol/mg MS)	Basses températures	Proline (µmol/mg MS)
Témoin	07,01 d	Témoin	07,01 c
38°C	24,54 c	-6°C	36,80 a
42°C	28,82 b	-2°C	35,45 a
44°C	31,26 a	2°C	19,55 b

### 1.3.2. *Fraxinus angustifolia*

L’exposition des jeunes plants de *Fraxinus angustifolia* aux hautes et basses températures a induit une forte augmentation en proline au niveau des organes. Cette augmentation est la plus forte aux températures (44°C et -6°C) avec des taux d’augmentation respectivement au niveau des feuilles (342,40%), tiges (526,09%), et des racines (774,68%) ; ils sont de l’ordre de 285,28% dans les feuilles, 230,50% au niveau des tiges, et 843,26% dans

les racines. L'analyse de la variance à deux critères de classification pour les hautes et basses températures signale des différences très hautement significatives entre les températures ( $p < 0.0001$ ).



**Figure 11. Variation des teneurs en proline dans les différents organes de *Fraxinus angustifolia* pour les hautes et les basses températures**

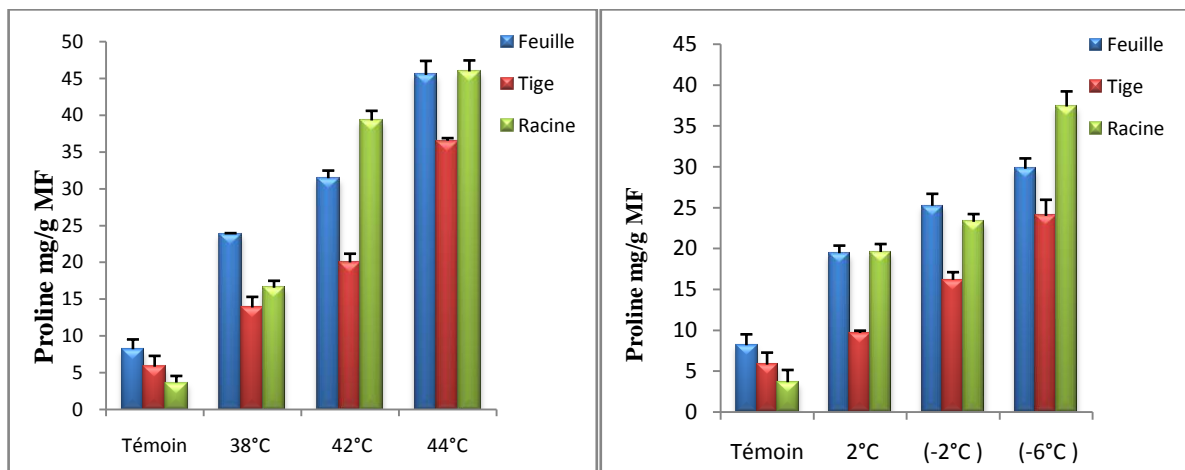
Le test de Newman et Keuls à 5% relève l'existence de 4 groupes homogènes pour les hautes températures, le premier groupe (a) correspond à 44°C° avec la moyenne la plus élevée, alors le groupe (d) correspond au témoin avec la moyenne la plus faible. Pour les basses températures le même test relève l'existence de 4 groupes homogènes aussi, le premier (a) correspond à la température (-6°C) avec la moyenne la plus élevée, et le dernier groupe (d) comprend au témoin avec la moyenne la plus faible. Les résultats sont illustrés par leurs paramètres statistiques dans le tableau 10.

**Tableau 20. Groupes homogènes des moyennes estimées de la proline selon le test de Newman et Keuls à 5% chez *Fraxinus angustifolia* en fonction des hautes et basses températures.**

Hautes températures	Proline (µmol/mg MS)	Basses températures	Proline (µmol/mg MS)
Témoin	02,52 d	Témoin	02,52 d
38°C	4,89 c	-6°C	14,38 a
42°C	10,06 b	-2°C	13,03 b
44°C	15,83 a	2°C	07,71 c

**1.3.3. *Melia azedarach* (Lilas des perse)**

Une accumulation importante de la proline est observée dans les organes du *Melia azedarach*, stressé par les hautes et basses températures comprises entre 44°C et -6°C, des différences très hautement significatives entre les organes et les températures effectuées par l'analyse de variance à deux critères. Alors, les fortes teneurs sont enregistrées dans les racines par rapport aux tiges et aux feuilles, avec des taux d'augmentation de l'ordre de 456,18% au niveau des feuilles, 529,45 % au niveau des tiges et 976,92 au niveau des racines à 44°C, et de 264,07 % au niveau des feuilles, 544,34 % au niveau des tiges et 557,92 au niveau des racines à -6°C.



**Figure 12. Variation des teneurs en proline dans les différents organes de *Melia azedarach* pour les hautes les basses températures**

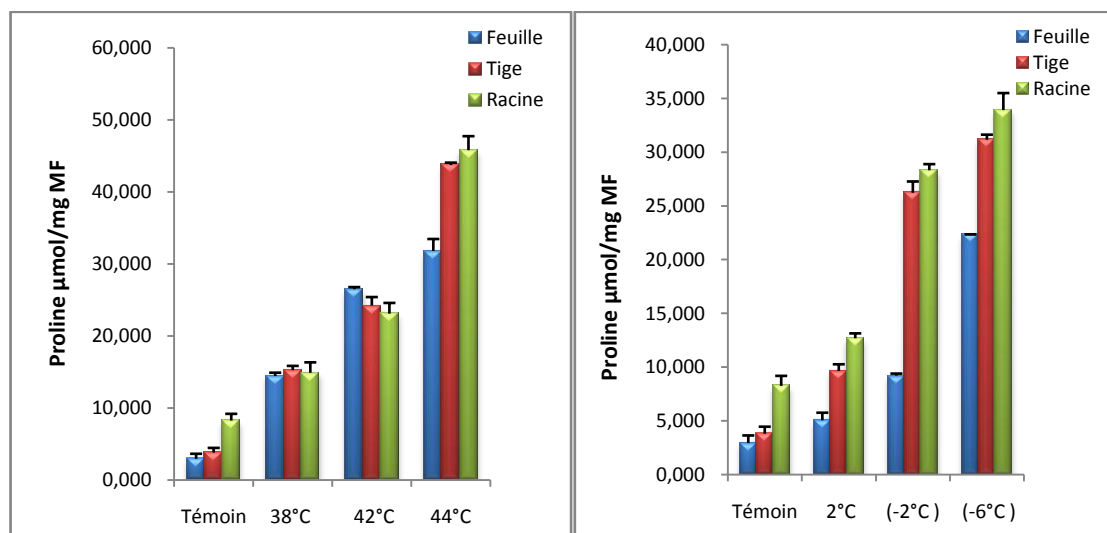
Le test Newman et Keuls à 5% des moyennes estimés de la proline, fait ressortir quatre groupes homogène pour les traitements thermiques aux hautes et basses températures, le premier groupe correspond aux températures 44°C et -6°C avec les moyennes les plus élevées et le dernier comprend le témoin avec les plus faibles teneurs.

**Tableau 21. Groupes homogènes des moyennes estimées de la proline selon le test de Newman et Keuls à 5% chez les semis des *Melia azedarach* soumis à un stress par les hautes et basses températures.**

Hautes températures	Proline (µmol/mg MS)	Basses températures	Proline (µmol/mg MS)
Témoin	05,87 d	Témoin	05,87 d
38°C	18,08 c	-6°C	30,38 a
42°C	32,96 b	-2°C	22,75 b
44°C	43,94 a	2°C	17,30 c

### 1.3.4. Orangé des osages (*Maclura pomifera*)

Les résultats des traitements thermiques par les hautes et basses températures ont montré une accumulation de la proline chez les organes de *Maclura pomifera*, où on enregistre des teneurs très élevées à 44°C avec un taux d'accumulation de l'ordre de 1050,02% au niveau des racines, de 982,13 % au niveau des tiges et de 454,64 % dans les feuilles, alors que les teneurs les plus faibles sont signalées pour le témoin. Pour les traitements thermiques aux basses températures, l'accumulation de la proline est également plus élevée au niveau des racines par rapport aux feuilles et aux tiges ; les plus forte teneurs sont mentionnées à -6°C avec un taux d'accumulation de 589,48% pour les racines, 243,19% pour les tiges et 213,48% pour les feuilles. L'analyse de la variance à deux critères de classification pour les hautes et basses températures signale des différences très hautement significatives entre les températures ( $p < 0.0001$ ).



**Figure 13. Variation des teneurs en proline dans les différents organes de *Maclura pomifera* pour les hautes et les basses températures.**

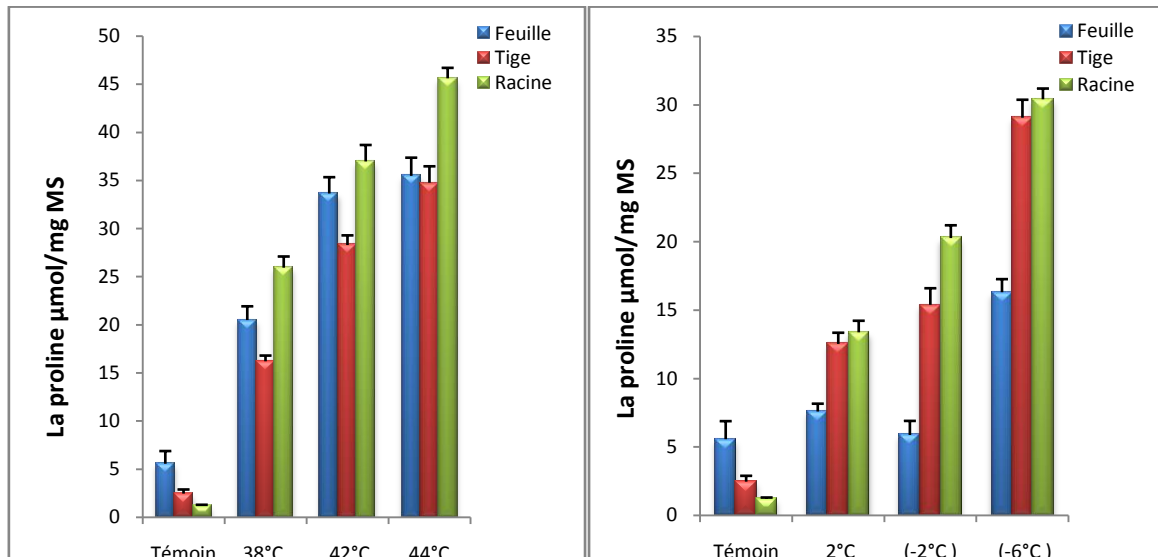
Le test de Newman et Keuls à 5% relève l'existence de 4 groupes homogènes pour les hautes et basses températures, le premiers groupes (a) correspond aux températures (44°C, -6°C) avec les moyennes les plus élevées, et le groupe (d) correspond au témoin avec la moyenne la plus faible. Les résultats sont illustrés par leurs paramètres statistiques dans le tableau 22.

**Tableau 22.** Groupes homogènes des moyennes estimées de la proline selon le test de Newman et Keuls à 5% chez *Maclura pomifera* en fonction des hautes et des basses températures.

Hautes températures	Proline (µmol/mg MS)	Basses températures	Proline (µmol/mg MS)
Témoin	04,99 d	Témoin	04,99 d
38°C	14,85 c	-6°C	28,88 a
42°C	23,82 b	-2°C	21,22 b
44°C	41,36 a	2°C	09,22 c

**1.3.5. Le Raisin d'Amérique (*Phytolacca americana*)**

L'exposition des jeunes plants de *Phytolacca americana* aux hautes et basses températures a induit une forte augmentation en proline au niveau des organes, cette augmentation est la plus forte aux températures 44°C et -6°C avec des taux d'augmentation au niveau des feuilles (538,45%), tiges (1317,04%), et des racines (3613,72%), et de (193,33% dans les feuilles, 132,04% au niveau des tiges, et 2375,27% dans les racines). L'analyse de la variance à deux critères de classification pour les hautes et les basses températures signale des différences très hautement significatives entre les températures (p<0.0001).



**Figure 14. Variation des teneurs en proline dans les différents organes de *Phytolacca americana* pour les hautes et les basses températures**

Le test de Newman et Keuls à 5% relève l'existence de 4 groupes homogènes pour les hautes températures, le premiers groupes (a) correspond à la température 44C° avec la moyenne la plus élevée, alors le groupe d correspond au témoin avec la moyenne la plus

faible. Pour les basses températures le même test relève l'existence de 4 groupes homogènes, le premier (a) correspond à la température (-6°C) avec la moyenne la plus élevée, et le dernier groupe (d) comprend le témoin avec la moyenne la plus faible. Les résultats sont illustrés par leurs paramètres statistiques dans le tableau 23.

**Tableau 23.** Groupes homogènes des moyennes estimées de la proline selon le test de Newman et Keuls à 5% chez *Phytolacca americana* soumis à un stress par les hautes et basses températures.

Hautes températures	Proline (µmol/mg MS)	Basses températures	Proline (µmol/mg MS)
Témoin	03,07 d	Témoin	03,07 d
38°C	20,86 c	-6°C	25,24 a
42°C	33,55 b	-2°C	13,02 b
44°C	39,95 a	2°C	11,44 c

#### 1.4. Le classement des espèces en fonction de la température et de la teneur en proline

##### 1.4.1. Les hautes températures

Le classement des espèces en fonction de la teneur en proline s'établit selon la séquence suivante :

**Témoin :** *Acacia heterophylla* Willd > *Melia azedarach* > *Maclura pomifera* > *Phytolacca americana* > *Fraxinus angustifolia* .

**38°C:** *Acacia heterophylla* Willd > *Phytolacca americana* > *Melia azedarach* > *Maclura pomifera* > *Fraxinus angustifolia*.

**42°C:** *Phytolacca Americana* > *Melia azedarach* > *Acacia heterophylla* Willd > *Maclura pomifera* > *Fraxinus angustifolia*.

**44°C:** *Melia azedarach* > *Maclura pomifera* > *Phytolacca Americana* > *Acacia heterophylla* Willd > *Fraxinus angustifolia*.

##### 1.4.2. Les basses températures

Le classement des espèces en fonction de la teneur en proline s'établit la séquence suivante :

**Témoin :** *Acacia heterophylla* Willd > *Melia azedarach* > *Maclura pomifera* > *Phytolacca americana* > *Fraxinus angustifolia*.

**-6°C:** *Acacia heterophylla* Willd > *Melia azedarach* > *Maclura pomifera* > *Phytolacca Americana* > *Fraxinus angustifolia*.

**-2°C:** *Acacia heterophylla Willd* > *Melia azedarach* > *Maclura pomifera* > *Fraxinus angustifolia* > *Phytolacca Americana*.

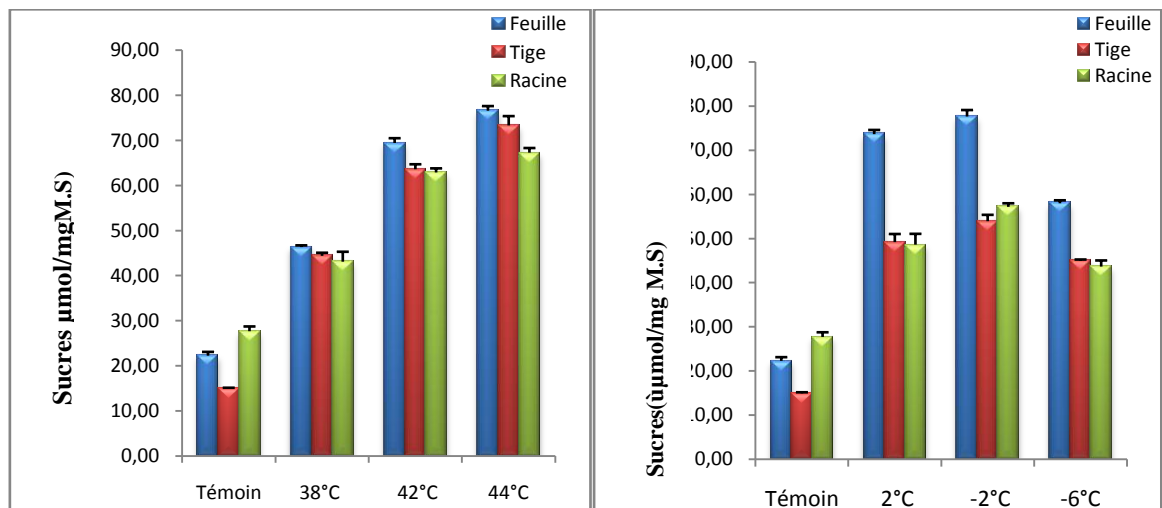
**2°C:** *Acacia heterophylla Willd* > *Melia azedarach* > *Phytolacca Americana* > *Maclura pomifera* > *Fraxinus angustifolia*.

## 1.5. Les sucre

### 1.5.1. l'*Acacia heterophylla Willd* (Tamarin des Hauts)

Les résultats du dosage des sucres dans les organes de l'*Acacia heterophylla Willd* stressées par des hautes et basses températures montrent que l'accumulation la plus élevée est enregistrée dans les feuilles. Pour les hautes températures la plus importante accumulation est marquée à 44°C avec des taux d'accroissement de 389,88% dans les feuilles, 243,70% dans les tiges, et finalement 142,88% dans les racines. Concernant les traitements thermiques aux basses températures on observe que les fortes accumulations sont mentionnées à -2°C avec des taux d'augmentation de l'ordre de 260,24% dans les feuilles, 248,46% dans les tiges, et 57,55% dans les racines).

L'analyse de la variance à deux critères de classification pour les hautes et basses températures signale des différences très hautement significatives entre les températures ( $p < 0.0001$ ).



**Figure 15. Variation des teneurs en sucres chez l'*Acacia heterophylla Willd* sous traitements thermiques aux hautes et basses températures**

L'analyse statistique par le test Newman et Keuls à 5% mentionnée dans le tableau 4, révèle l'existence de 4 groupes homogènes pour les traitements thermiques aux hautes et basses températures, le premier groupe comprend les températures (44°C et -2°C) avec les moyennes les plus élevées, le deuxième groupe (b) correspond aux températures (42°C et

2°C), le troisième groupe (c) est occupé par les températures (38°C et -6°C), et le dernier groupe (d) correspond au témoin avec la moyenne la plus faible (21,65 µmol/mg MS).

**Tableau 24.** Groupes homogènes des moyennes estimées des sucres selon le test de Newman et Keuls à 5% chez *l'Acacia heterophylla Willd* soumis à un stress aux hautes et basses températures.

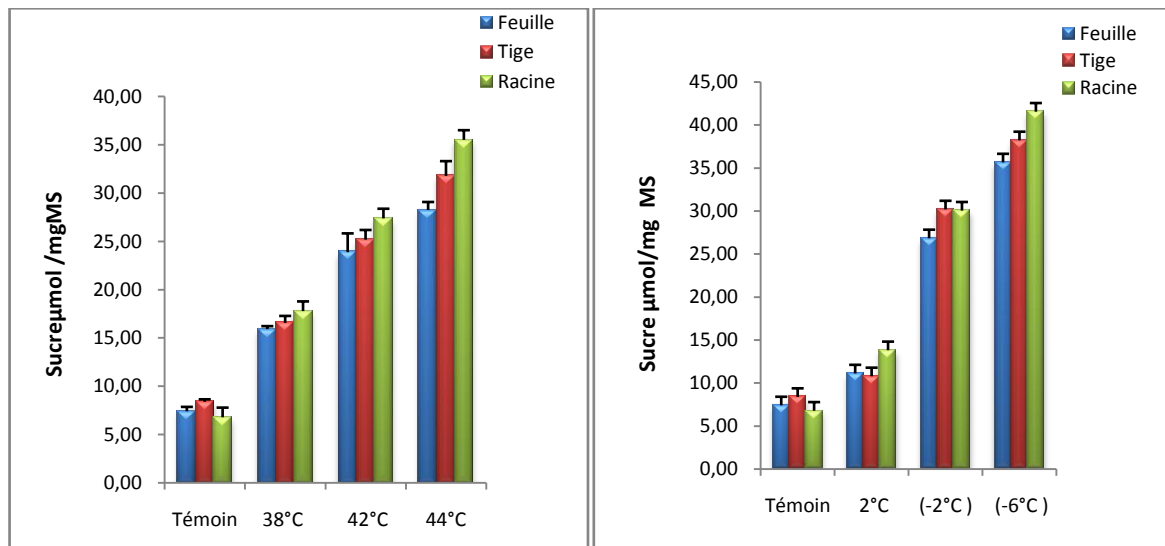
<b>Hautes températures</b>	<b>Sucre (µmol/mg MS)</b>	<b>Basses températures</b>	<b>Sucre (µmol/mg MS)</b>
<b>Témoin</b>	21,65 <b>d</b>	<b>Témoin</b>	21,65 <b>d</b>
<b>38°C</b>	44,54 <b>c</b>	<b>-6°C</b>	48,92 <b>c</b>
<b>42°C</b>	65,18 <b>b</b>	<b>-2°C</b>	65,40 <b>a</b>
<b>44°C</b>	73,17 <b>a</b>	<b>2°C</b>	60,07 <b>b</b>

### **1.5.2. *Fraxinus angustifolia* (Frêne oxyphylle)**

Chez les semis de *Fraxinus angustifolia*, l'exposition des jeunes plants aux hautes et basses températures montre une accumulation importante des sucres solubles. On observe que les valeurs les plus élevées des sucres sont enregistrées au niveau des racines par rapport aux autres organes, les taux d'augmentation ont atteint leurs maximum aux températures 44°C pour les feuilles (280,82%), les tiges (278,57%), les racines (422,54%), et -6°C pour les feuilles (261,69 %), les tiges (355,15%), les racines (511,27%). L'analyse de la variance à deux critères de classification pour les hautes et basses températures signale des différences très hautement significatives entre les températures ( $p < 0.0001$ ).

La comparaison des moyennes avec le test Newman et Keuls à 5% fait sortir quatre groupes homogènes pour les hautes et basses températures où le témoin correspond au groupe d avec les plus faibles moyennes.





**Figure 16. Variation des teneurs en sucres chez *Fraxinus angustifolia* en fonction des hautes et des basses températures**

**Tableau 24.** Groupes homogènes des moyennes estimées des sucres selon le test de Newman et Keuls à 5% chez *Fraxinus angustifolia* soumis à un stress par les hautes et basses températures.

Hautes températures	Sucres (µmol/mg MS)	Basses températures	Sucres (µmol/mg MS)
Témoin	07,74 d	Témoin	07,74 d
38°C	16,67 c	-6°C	38,48 a
42°C	25,93 b	-2°C	28,85 b
44°C	32,74 a	2°C	12,09 c

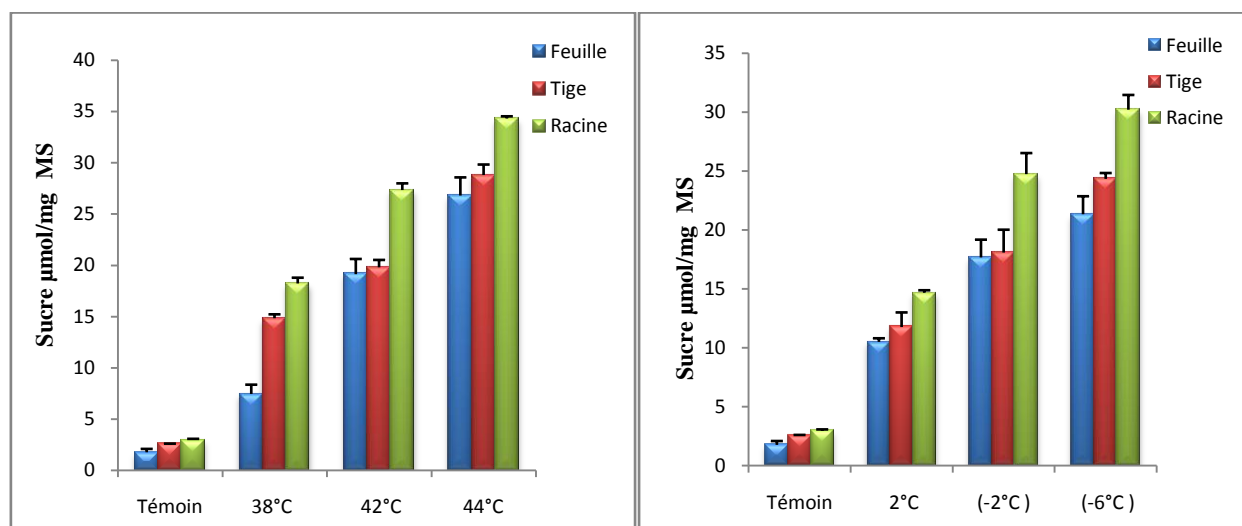
### 1.5.3. *Melia azedarach* (Lilas des Perse)

Les résultats de teneurs en sucres solubles durant les stress appliqués, montre une importante accumulation dans les différents organes du *Melia azedarach* (figure 17), On enregistre les plus fortes valeurs au niveau des racines avec des taux d'accumulations de 987,96 % dans les feuilles, 1031,04 dans les tiges et 1047,42% dans les racines à 44°C et de 1113,63 % dans les feuilles, 855,9 dans les tiges et 910,53% dans les racines à -6°C. L'analyse de la variance montre qu'il existe une différence hautement significative en fonction des températures et dans les différents organes.

**Tableau 25.** Groupes homogènes des moyennes estimées des sucres selon le test de Newman et Keuls à 5% chez les semis des *Melia azedarach* soumis à un stress par les hautes et basses températures.

Hautes températures	Sucres (µmol/mg MS)	Basses températures	Sucres (µmol/mg MS)
Témoin	02,43 d	Témoin	02,43 d
38°C	13,49 c	-6°C	25,29 a
42°C	22,73 b	-2°C	20,35 b
44°C	30,38 a	2°C	12,67 c

L'analyse statistique (tableau 25) montre l'existence de quatre classes pour les traitements thermiques aux hautes et basses températures ; La première classe correspond aux températures 44°C et -6°C avec les moyennes les plus élevées et la dernière comprend le témoin avec les plus faibles teneurs.



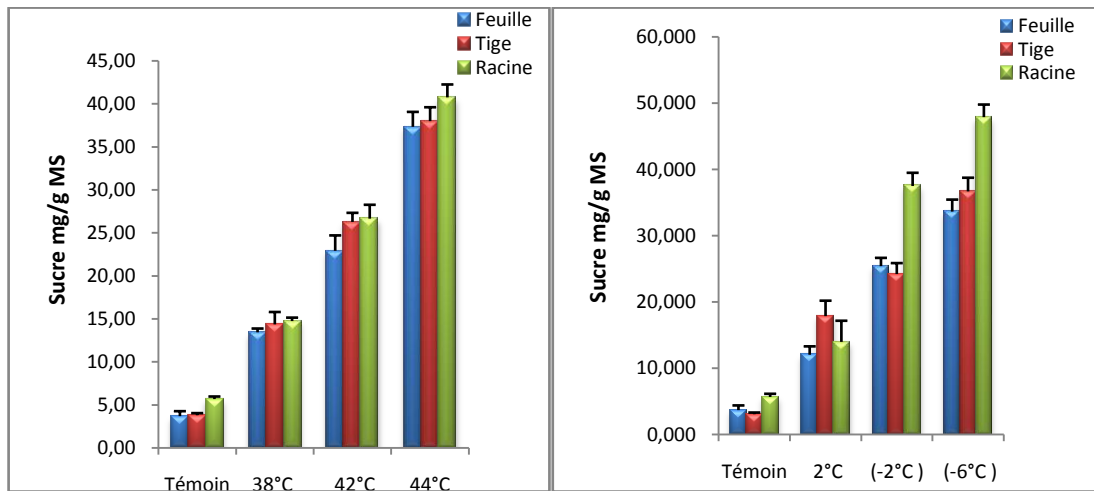
**Figure 17. Variation des teneurs en sucres dans les différents organes de *Melia azedarach* pour les hautes et les basses températures**

#### 1.5.4. *Maclura pomifera* (Orangé des Osages)

Les résultats du dosage des sucres dans les organes de *Maclura pomifera*, stressés par des hautes et des basses températures montrent que l'accumulation la plus élevée est enregistrée dans les feuilles par rapport aux autres organes. Pour les hautes températures la plus importante accumulation est marquée à 44°C avec des taux d'accroissement allant de 142,88% au niveau des racines à 243,70% au niveau des tiges, et à 389,88% au niveau des feuilles. Concernant les traitements thermiques aux basses températures on observe que les

fortes accumulations sont mentionnées à -2°C avec des taux d'augmentation de l'ordre de 260,24% dans les feuilles, 248,46% dans les tiges, et 57,55% dans les racines.

L'analyse de la variance à deux critères de classification pour les hautes et basses températures signale des différences très hautement significatives entre les températures ( $p < 0.0001$ ).



**Figure 18. Variation des teneurs en sucre dans les différents organes de *Maclura pomifera* pour les hautes et basses températures.**

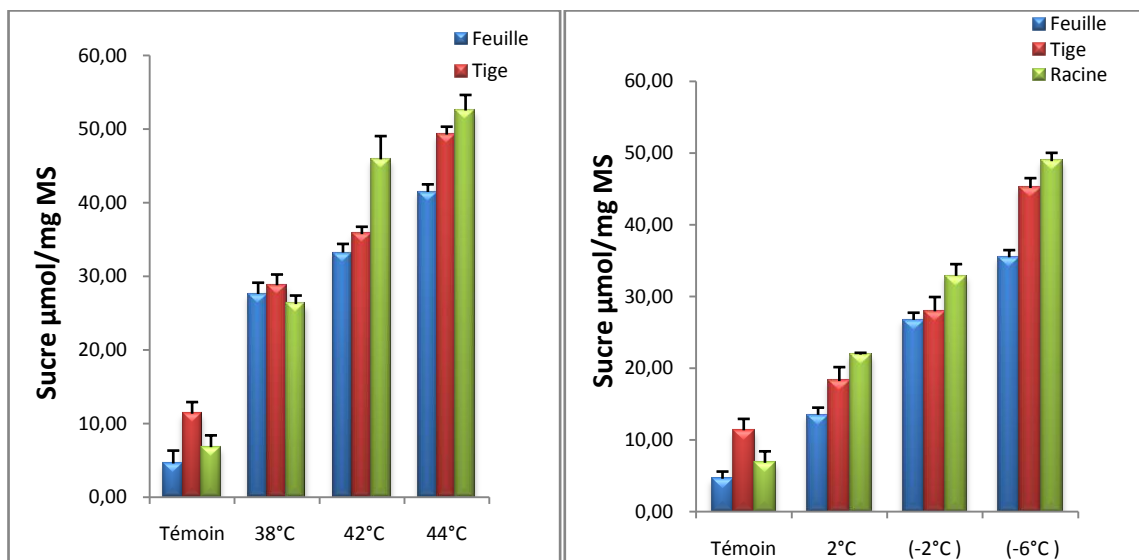
L'analyse statistique par le test Newman et Keuls à 5%, montre l'existence de quatre groupes homogènes pour les traitements thermiques aux hautes et basses températures, le premier groupe (a) comprend les températures 44°C et -6°C avec les moyennes les plus élevées, et le dernier groupe (d) correspond au témoin avec la moyenne la plus faible.

**Tableau 26. Groupes homogènes des moyennes estimées des sucres selon le test de Newman et Keuls à 5% chez *Maclura pomifera* en fonction des hautes et des basses températures.**

Hautes températures	Sucre (µmol/mg MS)	Basses températures	Sucre (µmol/mg MS)
Témoin	04,39 d	Témoin	04,39 d
38°C	14,19 c	-6°C	39,41 a
42°C	25,39 b	-2°C	28,95 b
44°C	38,98 a	2°C	14,80 c

**1.5.5. *Phytolacca americana* (Raisin d'Amérique)**

Chez les semis de *Phytolacca americana* l'exposition des jeunes plants aux hautes et basses températures montre une accumulation importante des sucres solubles. On observe que les valeurs les plus élevées sont enregistrées au niveau des racines par rapport aux autres organes, les taux d'augmentation ont atteint leur maximum aux températures 44°C (les feuilles avec 804,72%, les tiges avec 334,36%, les racines avec 671,79%), et -6°C (les feuilles avec 194,54%, les tiges avec 146,27%, les racines avec 382,95%). L'analyse de la variance à deux critères de classification pour les hautes et basses températures signale des différences très hautement significatives entre les températures ( $p < 0.0001$ ).



**Figure 19. Variation des teneurs en sucres dans les différents organes de *Phytolacca americana* pour les hautes et les basses températures**

La comparaison des moyennes avec le test Newman et Keuls à 5% fait sortir quatre groupes homogènes pour les hautes et les basses températures où le témoin correspond au groupe d avec les plus faibles moyennes.

**Tableau 27.** Groupes homogènes des moyennes estimées des sucres selon le test de Newman et Keuls à 5% chez *Phytolacca americana* soumis à un stress par les hautes et basses températures.

Hautes températures	Sucres (µmol/mg MS)	Basses températures	Sucres (µmol/mg MS)
Témoin	07,57 d	Témoin	07,57 d
38°C	27,55c	-6°C	43,15 a
42°C	40,45 b	-2°C	30,30 b
44°C	49,21 a	2°C	15,51 c

## 1.6. Le classement des espèces en fonction de la température et de la teneur en sucre

### 1.6.1. Les hautes températures

Le classement des espèces en fonction de la teneur en sucre s'établit selon la séquence suivante :

**Témoin :** *Acacia heterophylla Willd* > *Fraxinus angustifolia* > *Phytolacca Americana* > *Maclura pomifera* > *Melia azedarach*.

**38°C:** *Acacia heterophylla Willd* > *Phytolacca americana* > *Fraxinus angustifolia* > *Maclura pomifera* > *Melia azedarach*.

**42°C:** *Acacia heterophylla Willd* > *Phytolacca americana* > *Fraxinus angustifolia* > *Maclura pomifera* > *Melia azedarach*.

**44°C:** *Acacia heterophylla Willd* > *Phytolacca americana* > *Maclura pomifera* > *Fraxinus angustifolia* > *Melia azedarach*

### 1.6.2. Les basses températures

Le classement des espèces en fonction de la teneur en sucre s'établit la séquence suivante :

**Témoin :** *Acacia heterophylla Willd* > *Fraxinus angustifolia* > *Phytolacca Americana* > *Maclura pomifera* > *Melia azedarach*.

**-6°C:** *Acacia heterophylla Willd* > *Phytolacca Americana* > *Maclura pomifera* > *Fraxinus angustifolia* > *Melia azedarach*.

**-2°C:** *Acacia heterophylla Willd* > *Phytolacca Americana* > *Maclura pomifera* > *Fraxinus angustifolia* > *Melia azedarach*.

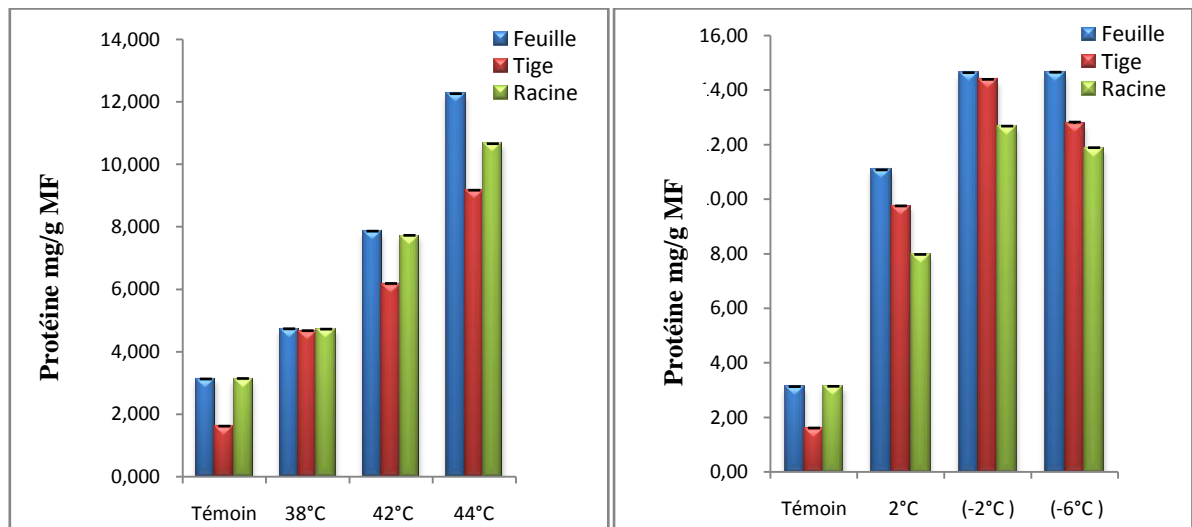
**2°C:** *Acacia heterophylla Willd* > *Phytolacca Americana* > *Maclura pomifera* > *Melia azedarach* > *Fraxinus angustifolia*.

## 1.7. Les protéines

### 1.7.1. l'*Acacia heterophylla Willd* (Tamarin des Hauts)

Sous l'effet des traitements thermiques aux hautes et basses températures, les semis de l'*Acacia heterophylla Willd* produisent plus de protéines en comparaison avec le témoin, les résultats sont très significatifs ( $p < 0.0001$ ), illustrées dans la figure 20, les fortes valeurs sont enregistrées toujours dans les feuilles par rapport aux tiges et aux racines, quel que soit le stress appliqué. Pour les hautes températures on observe que le taux d'accumulation des protéines atteint son maximum à 44°C avec 292,42% dans les feuilles, 468,82% dans les tiges

et 239,47 % dans les racines. Le test de Newman et Keuls à 5% révèle l'existence de 4 groupes homogènes (tableau 28), le premier groupe correspond à la température 44°C avec la moyenne la plus élevée avec 10,61 mg/g M.F et le dernier (d) comprend le témoin avec la moyenne la plus faible de 2,81 mg/g M.F.



**Figure 20. Variation des teneurs en protéines chez l'*Acacia heterophylla* Willd sous traitements thermiques aux hautes et basses températures**

Pour les basses températures les taux de protéines obtenus à une exposition de température comprise entre 2°C et -6°C sont résumées sur la figure 7. L'analyse de la variance à deux critères de classification montre qu'il existe de différence entre les températures stressantes 2°C, -2°C, -6°C et le témoin. Ces températures induisent l'augmentation de la teneur en protéines au niveau de différents organes jusqu'à -2°C, ainsi on observe une légère diminution à -6°C, les valeurs les plus élevées sont observées au niveau des feuilles à -2°C avec une accumulation de l'ordre de 368,51%.

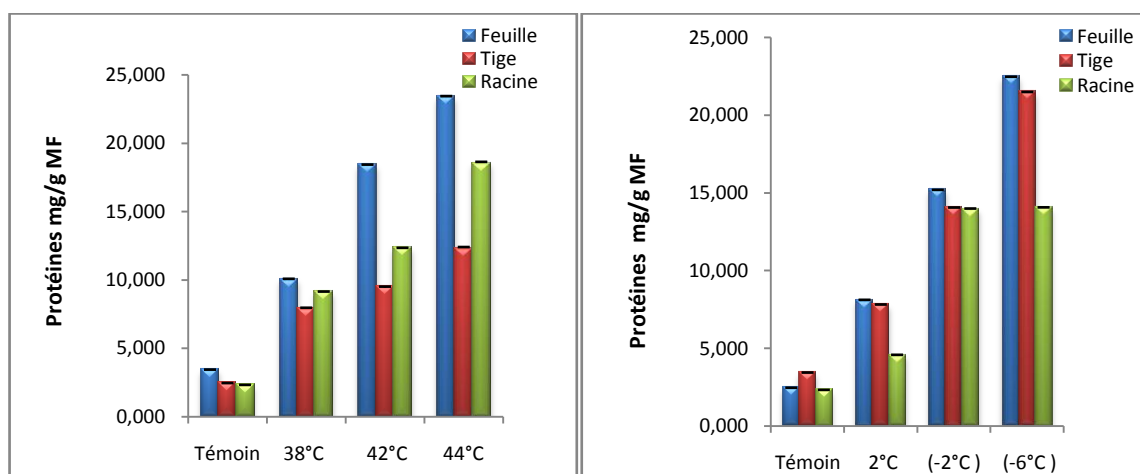
Le test de Newman et Keuls à 5% relève l'existence de 3 groupes homogènes, le premier groupes comprend les deux températures -2°C et -6°C avec les moyennes (13,79 mg/g M.F et 13,22 mg/g M.F) respectivement, le deuxième groupe (b) est occupé par la température 2°C, et le dernier groupe (c) correspond au témoin avec la moyenne la plus faible de 2,81 mg/g M.F.

**Tableau 28.** Groupe homogènes des moyennes estimées des protéines selon le test de Newman et Keuls à 5% chez l'*Acacia heterophylla* Willd sous traitements thermiques aux hautes et basses températures.

<b>Hautes températures</b>	<b>Protéine (mg/g M.F)</b>	<b>Basses températures</b>	<b>Protéine (mg/g M.F)</b>
<b>Témoin</b>	02,81d	<b>Témoin</b>	02,81 c
<b>38°C</b>	04,70 c	<b>-6°C</b>	13,79 a
<b>42°C</b>	07,29 b	<b>-2°C</b>	13,22 a
<b>44°C</b>	10,61 a	<b>2°C</b>	09,59 b

**1.7.2. *Fraxinus angustifolia* (Frêne oxyphylle)**

L'exposition des jeunes plants de *Fraxinus angustifolia* à des différents niveaux thermiques à induit en générale une augmentation importante de la teneur en protéines dans les organes (figure 21), On observe que les valeurs les plus élevées des protéines sont enregistrées au niveau des feuilles par rapport aux autres organes, les taux d'augmentation ont atteint leur maximum aux températures 44°C pour les feuilles (814,15%), les tiges (524,27%), les racines (506,03%), et -6°C pour les feuilles (700,84 %), les tiges (401,62%), les racines (580,52%). L'analyse de la variance à deux critères de classification pour les hautes et basses températures signale des différences très hautement significatives entre les températures (p<0.0001).



**Figure 21. Variation des teneurs en protéines dans les différents organes de *Fraxinus angustifolia* pour les hautes et les basses températures**

Le test de Newman et Keuls à 5% relève l'existence de 4 groupes homogènes pour les traitements thermiques aux hautes et basses températures, le premier groupes (a) comprend les deux températures 44°C et -6°C avec les moyennes les plus élevées respectivement de 18,27

mg/g M.F et 19,10 mg/g M.F, et le dernier groupe d correspond au témoin avec la moyenne la plus faible 2,74 mg/g M.F.

**Tableau 29.** Groupes homogènes des moyennes estimées des protéines (mg/g M.F) selon le test de Newman et Keuls à 5% chez *Fraxinus angustifolia*. en fonction des hautes et des basses températures.

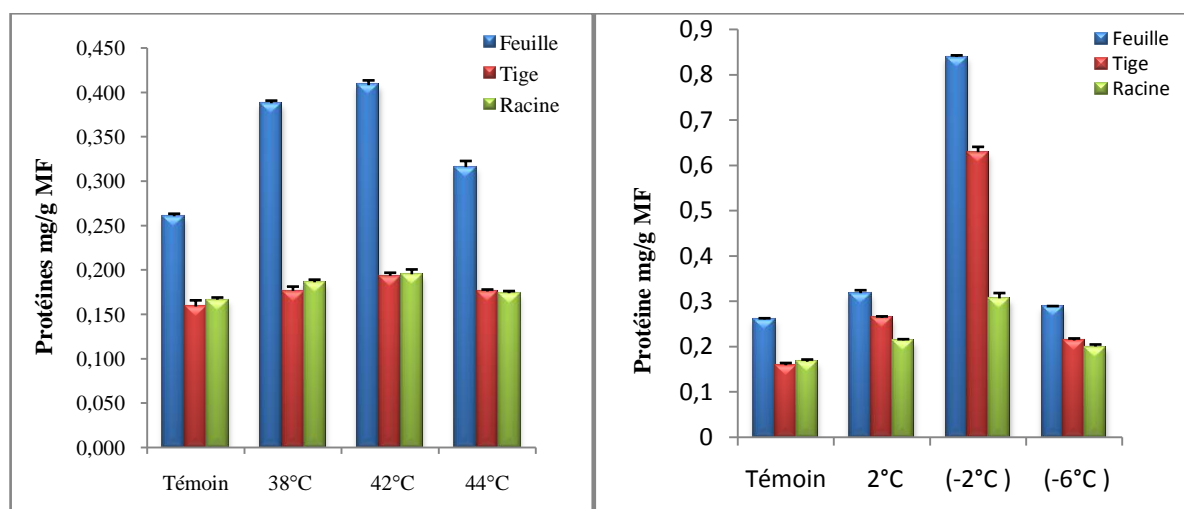
<b>Hautes températures</b>	<b>Protéine (mg/g M.F)</b>	<b>Basses températures</b>	<b>Protéine (mg/g M.F)</b>
<b>Témoin</b>	02,74d	<b>Témoin</b>	02,74 d
<b>38°C</b>	09,06 c	<b>-6°C</b>	19,10 a
<b>42°C</b>	13,19 b	<b>-2°C</b>	14,32 b
<b>44°C</b>	18,27 a	<b>2°C</b>	06,86 c

### 1.7.3. *Melia azedarach* (Lilas des Perse)

Le stress appliqué pendant 3 heures en fonction des hautes et des basses températures sur les semis des *Melia azedarach* a provoqué l'accumulation des protéines solubles, les fortes valeurs sont enregistrées toujours dans les feuilles par rapport aux tiges et aux racines quel que soit le stress appliqué (figure 22). Les taux d'accroissement les plus élevés sont obtenus à 42°C (56,64% au niveau des feuilles, 21,80% dans les tiges et 17,20 % dans les racines). En ce qui concerne les basses températures, les taux d'accumulation les plus élevés sont enregistrés pour la température 2°C (141,90% au niveau des feuilles, 191,22% dans les tiges et 142,16 % dans les racines).

Des différences significatives entre les traitements thermiques d'une part, et entre les organes d'autre part confirmé par l'Anova, le test Newman et Keuls à 5% révèle l'existence de trois groupes homogènes le premier groupes a correspond aux températures 42°C, 38°C, avec successivement les moyennes 0.259mg/g M.F, 0.250 mg/g M.F , et le deuxième groupe b comprend la température 44°C avec 0.221 mg/g M.F, et le dernier groupe comprend le témoin avec la moyenne la plus faible de 0.195 mg/g M.F. Concernant les basses températures, le même test nous a donné trois groupes homogène aussi, le premiers groupes comprend la température -2°C et le dernier groupe est occupé par le témoin, tandis que les températures -6°C et 2°C comprend le groupe intermédiaire.





**Figure 22. Variation des teneurs en protéines dans les différents organes de *Melia azedarach* stressés par les hautes et les basses températures**

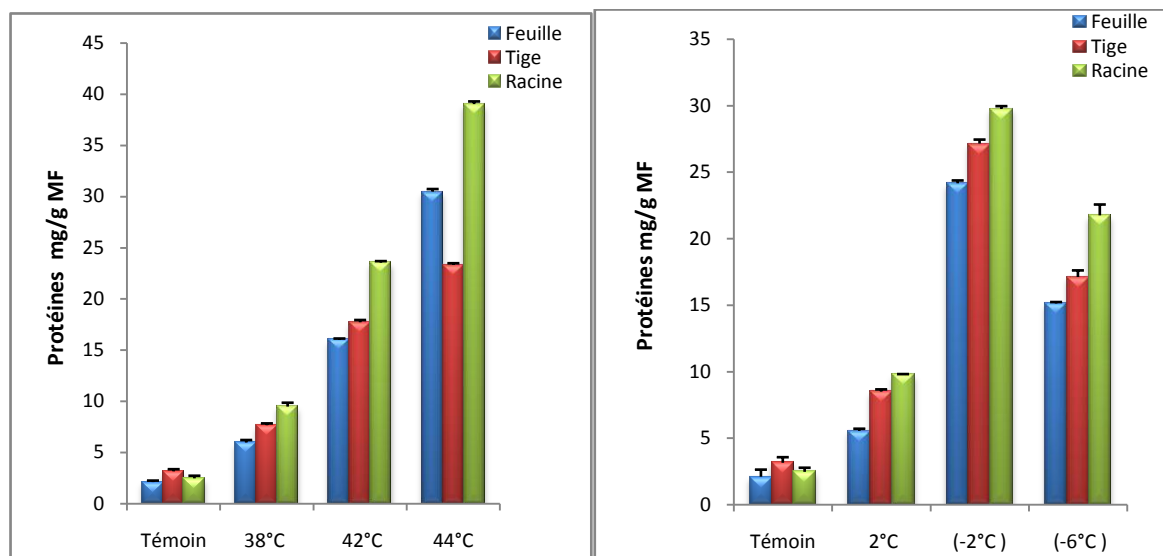
**Tableau 30.** Groupes homogènes des moyennes estimées des protéines selon le test de Newman et Keuls à 5% chez le *Melia azedarach* en fonction des hautes et des basses températures.

Hautes températures	Protéine (mg/g M.F)	Basses températures	Protéine (mg/g M.F)
<b>Témoin</b>	0,195c	<b>Témoin</b>	0,195 c
<b>38°C</b>	0,250 a	<b>-6°C</b>	0,234 b
<b>42°C</b>	0,259 a	<b>-2°C</b>	0,634 a
<b>44°C</b>	0,221 b	<b>2°C</b>	0,259 b

#### 1.7.4. *Maclura pomifera*

Sous l'effet des traitements thermiques par des hautes et des basses températures, les semis de *Maclura pomifera* produisent plus de protéines en comparaison avec le témoin, les résultats sont très significatifs ( $p < 0.0001$ ) illustré dans la figure 23, les fortes valeurs sont enregistrées toujours dans les feuilles par rapport aux tiges et aux racines, quel que soit le stress appliqué. Pour les hautes températures on observe que le taux d'accumulation des protéines atteint son maximum à 44°C avec 1351,51% dans les feuilles, 640,54% dans les tiges et 1482,85% dans les racines.

Le test de Newman et Keuls à 5% révèle l'existence de 4 groupes homogènes (tableau 31) le premier groupe correspond à la température 44°C avec les moyennes les plus élevées et le dernier D comprend le témoin avec la moyenne la plus faible.



**Figure 23. Variation des teneurs en protéines dans les différents organes de *Maclura pomifera* stressés pour les hautes et basses températures.**

Pour les basses températures les taux de protéines obtenus à une exposition de température comprise entre 2°C et -6°C sont résumés sur la figure 30. L'analyse de la variance à deux critères de classification montre qu'il existe de différence entre les températures stressantes, 2°C, -2°C, -6°C et le témoin. Ces températures induisent l'augmentation de la teneur en protéines au niveau de différents organes jusqu'à -2°C, ainsi on observe une légère diminution à -6°C, les valeurs les plus élevées sont observées dans les feuilles à -2°C avec 1051,61%.

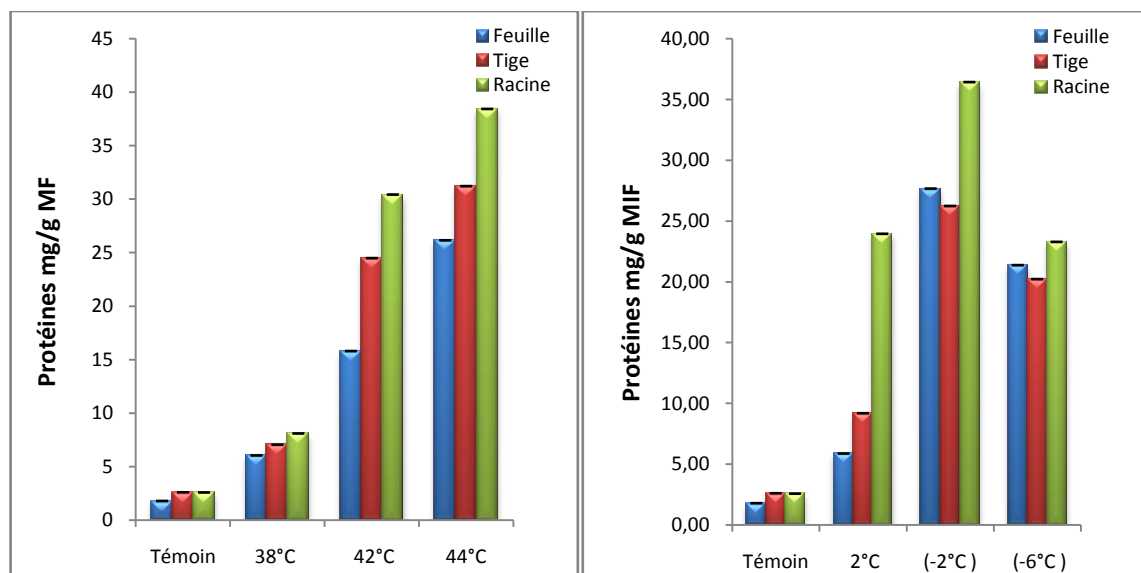
Le test de Newman et Keuls à 5% relève l'existence de 4 groupes homogènes, le premier groupe comprend la température -2°C avec la moyenne la plus élevée, et le dernier groupe (d) correspond au témoin avec la moyenne la plus faible.

**Tableau 31. Groupes homogènes des moyennes estimées des protéines (mg/g M.F) selon le test de Newman et Keuls à 5% chez *Maclura pomifera* soumis aux hautes et basses températures.**

Hautes températures	Protéines (mg/g M.F)	Basses températures	Protéines (mg/g M.F)
Témoin	02,57d	Témoin	02,57 d
38°C	07,69 c	-6°C	17,92 b
42°C	19,98 b	-2°C	27,12 a
44°C	32,74 a	2°C	07,99 c

**I.7.5. *Phytolacca americana* (Raisin d'Amérique)**

L'exposition des jeunes plants de *Phytolacca americana* à des différents niveaux thermiques à induit en général une augmentation importante de la teneur en protéines dans les organes (figure 24), On observe que les valeurs les plus élevées des protéines sont enregistrées au niveau des feuilles par rapport aux autres organes, les taux d'augmentation ont atteint leur maximum aux températures 44°C (les feuilles avec 1368,40%, les tiges avec 1106,09,27%, les racines avec 1395,20%), et -2°C (les feuilles avec 1453,33 %, les tiges avec 913,78%, les racines avec 1317,18%). L'analyse de la variance à deux critères de classification pour les hautes et les basses températures signale des différences très hautement significatives entre les températures ( $p < 0.0001$ ).



**Figure 24. Variation des teneurs en protéine dans les différents organes de *Phytolacca americana* pour les hautes et les basses températures**

Le test de Newman et Keuls à 5% relève l'existence de 4 groupes homogènes pour les traitements thermiques aux hautes et basses températures, le premier groupes (a) comprend les deux températures 44°C et -2°C avec les moyennes les plus élevées respectivement avec 33,39 mg/g M.F et 29,90 mg/g M.F, et le dernier groupe d correspond au témoin avec la moyenne la plus faible 2,31 mg/g M.F.

**Tableau 32.** Groupes homogènes des moyennes estimées des protéines (mg/g M.F) selon le test de Newman et Keuls à 5% chez *Phytolacca americana* sous traitement thermique aux hautes et basses températures.

Hautes températures	Protéine (mg/g M.F)	Basses températures	Protéine (mg/g M.F)
Témoin	02,31 d	Témoin	02,31 d
38°C	07,05 c	-6°C	21,62 b
42°C	25,11 b	-2°C	29,90 a
44°C	33,39 a	2°C	11,62 c

## I.8. Le classement des espèces en fonction de la température et de la teneur en protéine

### 1.8.1. Les hautes températures

Le classement des espèces en fonction de la teneur en protéine s'établit selon la séquence suivante :

**Témoin :** *Acacia heterophylla Willd* > *Fraxinus angustifolia* > *Maclura pomifera* > *Phytolacca Americana* > *Melia azedarach*.

**38°C:** *Fraxinus angustifolia* > *Maclura pomifera* > *Phytolacca americana* > *Acacia heterophylla Willd* > *Melia azedarach*.

**42°C:** *Phytolacca americana* > *Maclura pomifera* > *Fraxinus angustifolia* > *Acacia heterophylla Willd* > *Melia azedarach*.

**44°C:** *Phytolacca americana* > *Maclura pomifera* > *Fraxinus angustifolia* > *Acacia heterophylla Willd* > *Melia azedarach*.

### 1.8.2. Les basses températures

Le classement des espèces en fonction de la teneur en protéine s'établit la séquence suivante :

**Témoin :** *Acacia heterophylla Willd* > *Fraxinus angustifolia* > *Maclura pomifera* > *Phytolacca Americana* > *Melia azedarach*.

**-6°C:** *Phytolacca Americana* > *Maclura pomifera* > *Fraxinus angustifolia* > *Acacia heterophylla Willd* > *Melia azedarach*.

**-2°C:** *Phytolacca Americana* > *Maclura pomifera* > *Fraxinus angustifolia* > *Acacia heterophylla Willd* > *Melia azedarach*.

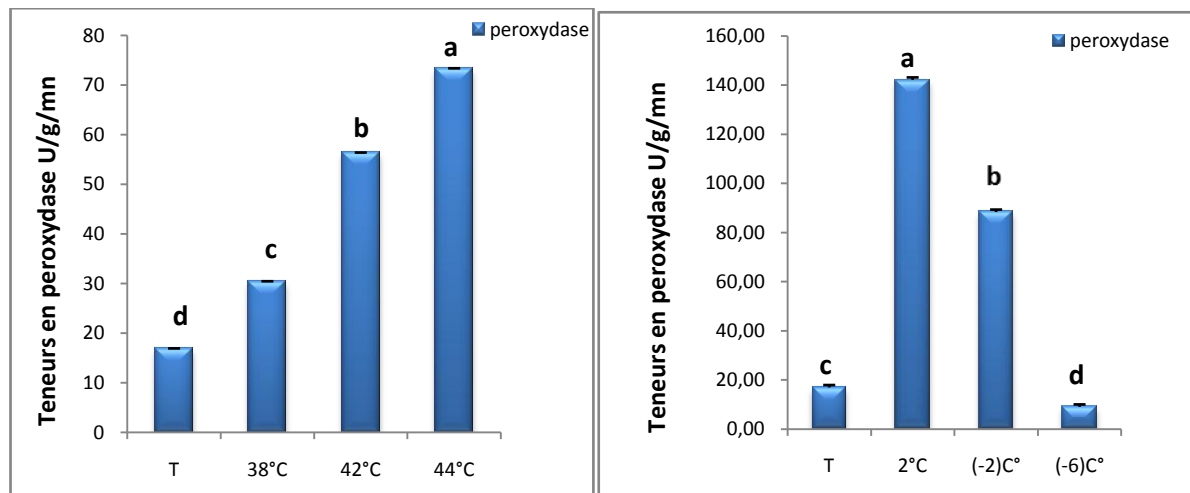
2°C: *Phytolacca Americana* > *Acacia heterophylla Willd* > *Maclura pomifera* > *Fraxinus angustifolia* > *Melia azedarach*.

## 1.9. Les enzymes

### 1.9.1. l'*Acacia heterophylla Willd* (Tamarin des Hauts)

#### 1.9.1.1. Les peroxydases

Les résultats obtenus de l'application du stress thermique par les hautes et basses températures sur les feuilles de l'*Acacia heterophylla Willd* indiquent que les teneurs en peroxydases sont supérieures au témoin (figure 25), sauf à la température -6°C où elle est inférieures à celui-ci avec un taux de réduction de l'ordre de 46,68 %. Pour Les hautes températures les valeurs les plus élevées sont enregistré à 44°C avec un taux d'augmentation de 333,33%; cependant pour les basses températures les teneurs les plus élevées sont mentionnées à 2°C avec un taux d'accroissement de 421,95%.

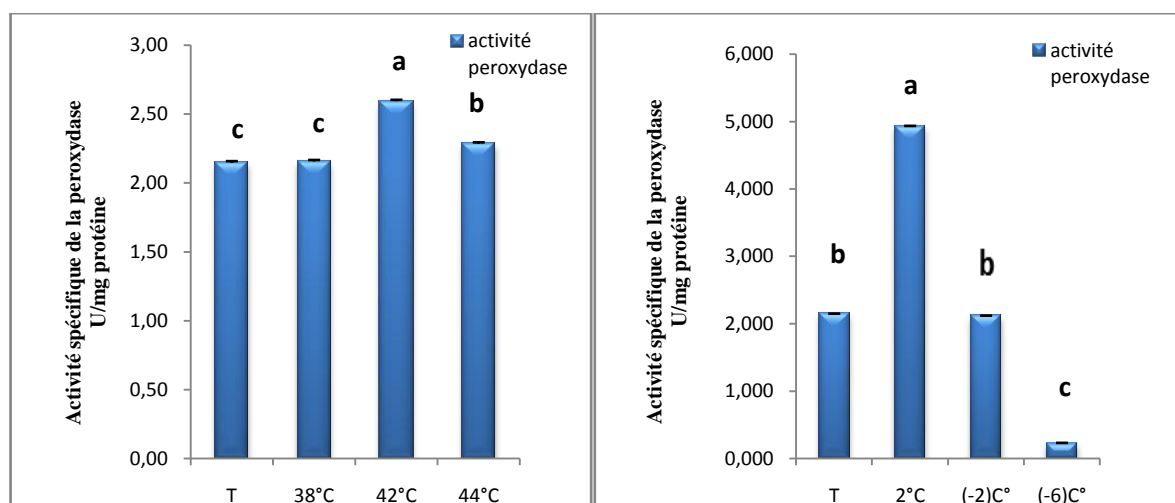


**Figure 25. Variation des teneurs en peroxydase dans les feuilles de l'*Acacia heterophylla Willd* sous traitements thermiques aux hautes et basses températures**

Le test de Newman et Keuls à 5% relève l'existence de 4 groupes homogènes, pour les traitements aux hautes températures (figure 25), le premier groupe (a) correspond à la température 44°C (73,31 U/g/mn), et le dernier groupe (d) correspond au témoin avec la moyenne la plus faible (16,92 U/g/mn). Pour les basses températures les résultats varie de la même tendance que les hautes températures, 4 groupes homogènes sont élaborées par le test de Newman et Keuls à 5%; le premiers groupe (a) comprend la température 2°C avec la moyenne la plus élevée (142.10 U/g/mn), et le dernier groupe (d) correspond à la température -6°C avec la moyenne la plus faible (9.02 U/g/mn).

### 1.9.1.2. Activité spécifique de la peroxydase

Les résultats obtenus montrent qu'il y a une légère augmentation de l'activité spécifique des peroxydases dans les feuilles de l'*Acacia heterophylla Willd* stressés par les hautes températures (figure 26), la valeur la plus élevée est observée à 42°C avec un taux d'accroissement de 20,73%. Pour les basses températures, l'accrue de l'activité spécifique de la peroxydase est marquée à 2°C avec un taux d'augmentation de 129,73%, puis cette activité progresse au fur et à mesure que les températures baissent jusqu'à ce qu'elle a (a )-6 avec un taux de réduction de l'ordre de 89,30%. Les résultats de l'analyse de la variance à un critère de classification révèlent des différences très significatives entre les différents traitements thermiques  $p < 0.0001$ .

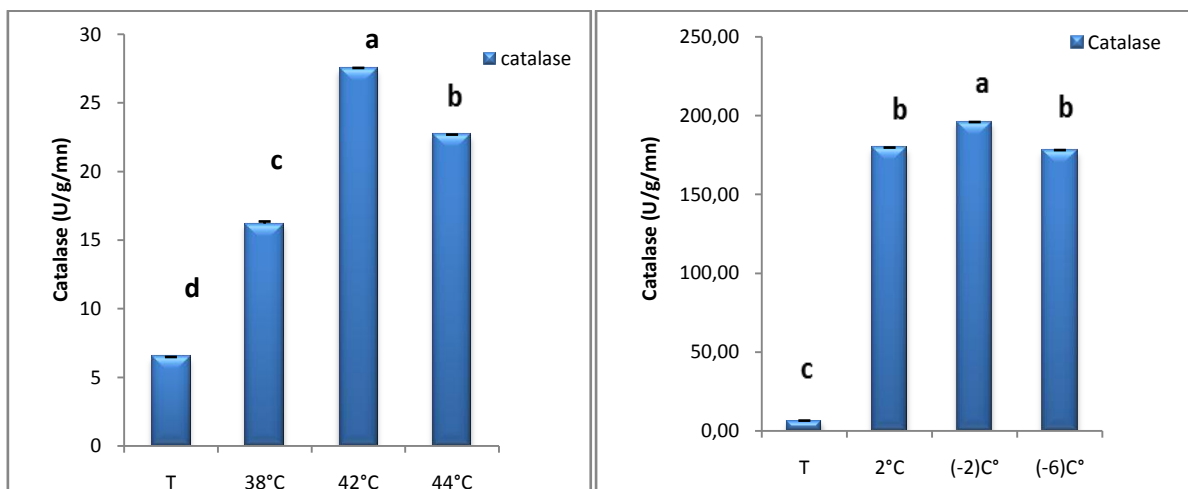


**Figure 26. Variation de l'activité en peroxydase dans les feuilles de l'*Acacia heterophylla Willd* stressés par les hautes et les basses températures**

Le test Newman et Keuls à 5% montre l'existence de deux groupes homogènes pour le stress aux hautes températures (figure 26), le premier groupe (a) correspond aux températures 42°C et 44°C avec les moyennes (2,59 U/mg protéine, 2,52 U/mg protéine) respectivement, et le deuxième groupe (b) comprend la température 38°C et le témoin avec les moyennes les plus faibles (2,15 U/mg protéine, 2,16 U/mg protéine) respectivement. Pour les traitements thermiques aux basses températures, trois groupes homogènes sont élaborés par le test Newman et Keuls à 5%, le premier groupe (a) comprend la température 2°C avec la moyenne la plus élevée (4,93 U/mg protéine), le deuxième groupe (b) correspond à la température -2°C et le témoin (2,11 U/mg protéine, 2,15 U/mg protéine) respectivement, et le dernier groupe (c) comprend la température -6°C avec la moyenne la plus faible (0,23 U/mg protéine).

### 1.9.1.3. Les catalases

Les résultats obtenus de l'application du stress thermique aux hautes et basses températures sur les feuilles de *Acacia heterophylla Willd*, indiquent que les teneurs en catalase sont supérieures au témoin, les résultats de l'analyse de la variance à un critère de classification révèlent des différences très significatives entre les différents traitements thermiques. Les plus fortes valeurs sont obtenues aux températures 42°C et -2°C avec des taux d'augmentation de l'ordre de 325% et 925% respectivement. La comparaison des moyennes à l'aide du test Newman et Keuls à 5%, fait sortir quatre groupes homogènes pour les traitements thermiques aux hautes températures ; le premier groupe (a) comprend la température 42°C avec la moyenne la plus élevée (27,54 U/mg/mn), le deuxième groupe (b) est occupé par la température 44°C (22,68 U/mg/mn), le troisième groupe (c) correspond à la température 38°C (16,2 U/mg/mn), et le dernier groupe comprend le témoin avec la moyenne la plus faible (6,48 U/mg/mn). Concernant les basses températures trois groupes homogènes sont établis par le test Newman et Keuls à 5%, le premier groupe (a) comprend la température -2°C avec la moyenne la plus élevée (196,02 U/mg/mn), le deuxième groupe (b) est occupé par les températures -6°C et 2°C (178,2 U/mg/mn, 179,82 U/mg/mn) respectivement, et le dernier groupe (c) correspond au témoin avec la moyenne la plus faible.



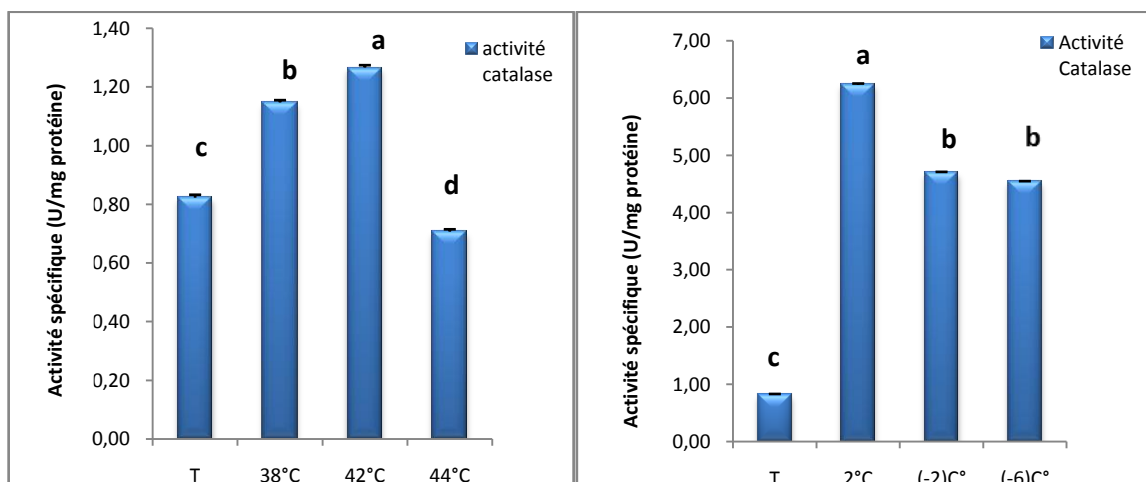
**Figure 27. Variation des teneurs en catalase dans les feuilles de *Acacia heterophylla Willd* sous traitements thermiques aux hautes et basses températures**

### 1.9.1.4. L'Activité spécifique de la catalase

Les résultats de l'activité spécifique de la catalase mesurée au niveau des feuilles de *Acacia heterophylla Willd* stressées par des hautes et basses températures (figure 28), montrent une différence très hautement significative entre les traitements thermiques. En effet, pour les hautes températures les teneurs de l'activité en catalase augmente jusqu'à 42°C

avec un taux d'accroissement de 53,93%, puis elle baisse de 14,09% à 44°C. Concernant les basses températures, les mesures obtenues montrent que l'activité spécifique de la catalase est supérieure au témoin ; la teneur la plus forte est enregistrée à 2°C avec un taux d'augmentation de 658,98%.

Le test Newman et Keuls à 5% révèle l'existence de quatre groupes homogènes pour les traitements thermiques aux hautes températures, le premier groupes correspond à la température 42°C avec la moyenne la plus élevée (1,27U/mg protéine), le deuxième groupe (b) est occupé par la température 38°C (1,15 U/mg protéine), le troisième groupe (c) correspond au témoin (0,82 U/mg protéine), et le dernier groupe (d) comprend la température 44°C avec la plus faible moyenne (0,71 U/mg protéine). Pour les basses températures le même test révèle l'existence de trois groupes homogènes, le premiers groupe (a) correspond à la température 2°C avec la moyenne la plus élevée (6,25 U/mg protéine), le deuxième (b) comprend les températures -2°C et -6°C, avec successivement les moyennes (4,70 U/mg protéine, 4,54 U/mg protéine), et le dernier (c) comprend le témoin avec la moyenne la plus faible.



**Figure 29. Variation de l'activité spécifique de la catalase dans les feuilles de l'*Acacia heterophylla* Willd stressées par aux hautes et basses températures**

## **1.9.2. *Fraxinus angustifolia* (Frêne oxyphylle)**

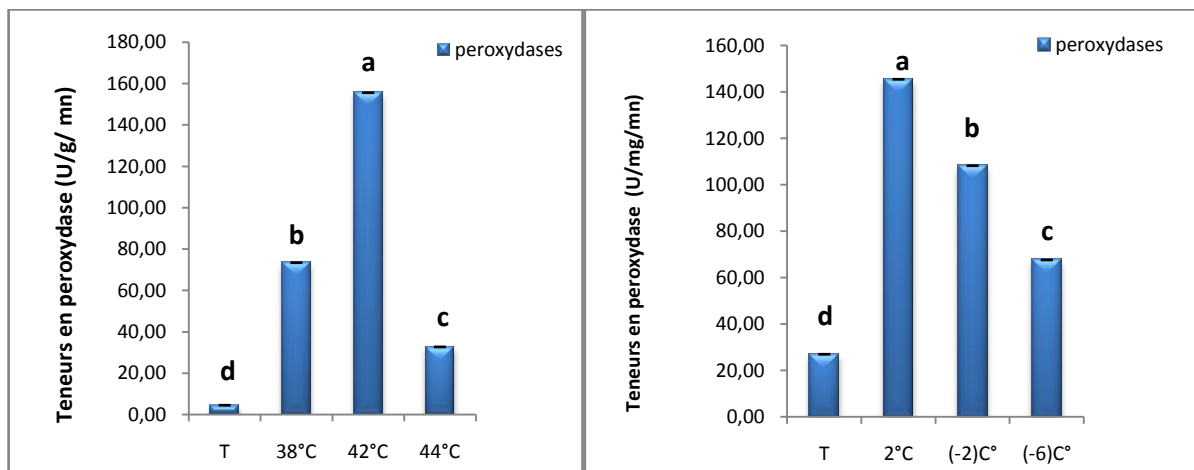
### **1.9.2.1. Les peroxydases**

Les résultats obtenus de l'application du stress thermique par les hautes et basses températures sur les feuilles de *Fraxinus angustifolia*, indiquent que les teneurs en peroxydase sont supérieur au témoin (figure 30). Pour Les hautes températures les valeurs les plus élevées



sont enregistrées à 42°C avec 155,64 U/g/mn; cependant pour les basses températures les teneurs les plus élevées sont mentionnées à 2°C avec un taux d'accroissement de 437,5%.

Le test de Newman et Keuls à 5% relève l'existence de 4 groupes homogènes, pour les traitements aux hautes températures (figure 30), le premiers groupes (a) correspond à la température 42°C (155,64 U/g/mn), le deuxième comprend à la température 38°C (73,42 U/g/mn), le troisième groupe est occupé par la température 44°C (32,71 U/g/mn) et le dernier groupe (d) correspond au témoin avec la moyenne la plus faible (04,71 U/g/mn). Pour les basses températures les résultats varie avec la même tendance que les hautes températures (figure 16), 4 groupes homogènes sont élaborées par le test de Newman et Keuls à 5%; le premiers groupe (a) comprend à la température 2°C avec la moyenne la plus élevée (145,49 U/g/mn), le deuxième comprend la température -2°C (108,27 U/g/mn), le troisième groupe est occupé par la température -6°C (67,67 U/g/mn) et le dernier groupe (d) correspond au témoin avec la moyenne la plus faible.



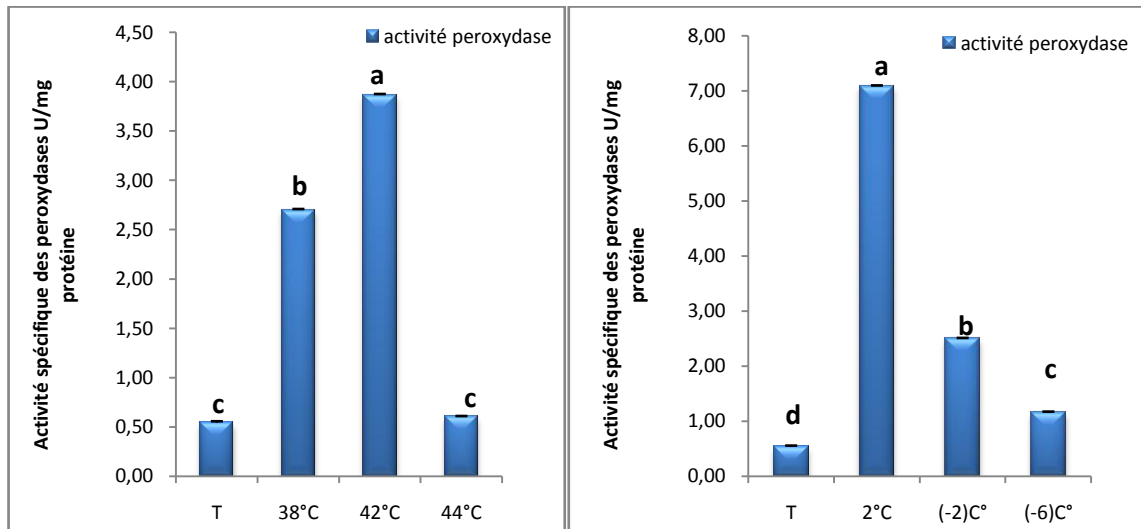
**Figure 30. Variation des teneurs en peroxydases dans les feuilles de *Fraxinus angustifolia* stressées par les hautes et les basses températures**

### **1.9.2.2. Activité spécifique de la peroxydase**

Les résultats obtenus montrent que l'activité spécifique des peroxydases testées dans les feuilles de *Fraxinu angustifolia* stressés par les hautes et basses températures a connu une importante augmentation par rapport au témoin (figure 31), les valeurs les plus élevées sont observées à 42°C et 2°C avec des taux d'accroissement de 604,61%, 1192,31%. Les résultats de l'analyse de la variance à un critère de classification révèlent des différences très significatives entre les différents traitements thermiques  $p < 0.0001$ .

Le test Newman et Keuls à 5% montre l'existence de 3 groupes homogènes pour le stress aux hautes températures (figure 31) ; le premier groupes (a) correspond à la température

42°C (3,87 U/mg protéine), le deuxième groupe comprend la température 38°C (2,70 U/mg protéine), et le dernier groupes C comprend le témoin avec la température 44°C avec (0,55 U/mg protéine et 0,60 U/mg protéine). Pour les basses températures le même test révèle l'existence de 4 groupes homogènes, le premier groupe correspond à la température 2°C (7,09 U/mg protéine), le deuxième groupe comprend la température -2°C (2,51U/mg protéine), le troisième groupe correspond à la température -6°C (1,17 U/mg protéine), et le dernier (d) comprend le témoin avec la moyenne la plus faible.

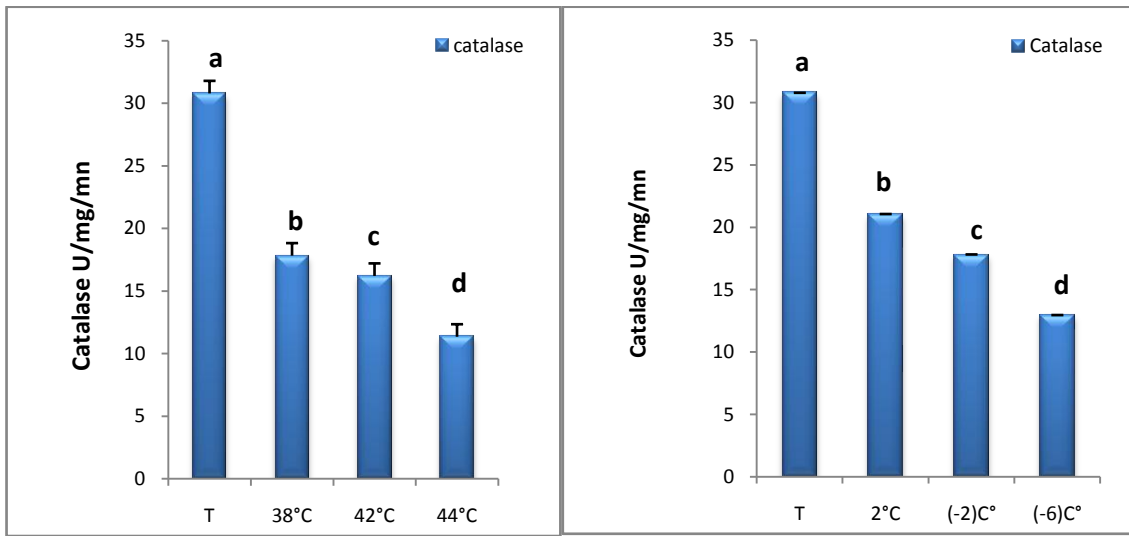


**Figure 31. Variation de l'activité de la peroxydase dans les feuilles de *Fraxinus angustifolia* en fonction des hautes et des basses températures**

### 1.9.2.3. Les catalases

Les résultats obtenus de l'application du stress par des hautes et basses températures sur les feuilles de *Fraxinus angustifolia*, indiquent que les teneurs en catalase sont inférieures au témoin, les résultats de l'analyse de la variance à un critère de classification révèlent des différences très significatives entre les différents traitements thermiques ; pour les hautes températures la plus petite valeur est obtenue à 44°C avec un taux de réduction de l'ordre de 63,15%. Pour les basses températures la concentration la plus faible en catalase est enregistrée à -6°C avec un taux de réduction de 57,89%. Quatre groupes homogènes sont élaborés par le test Newman et Keuls à 5% pour les traitements thermiques aux hautes et basses températures ; les résultats sont illustrés dans la figure 18, le témoin correspond au groupe (a) avec la plus forte moyenne (30,78 U/mg/mn), le deuxième groupe (b) comprend les températures (38°C, 2°C) avec les moyennes (17,82 U/mg/mn, 21,06 U/mg/mn) respectivement, le troisième groupe (c) correspond aux températures (42°C, -2°C) avec les moyennes (16,20 U/mg/mn, 17,82 U/mg/mn) respectivement, et le dernier groupe (d)

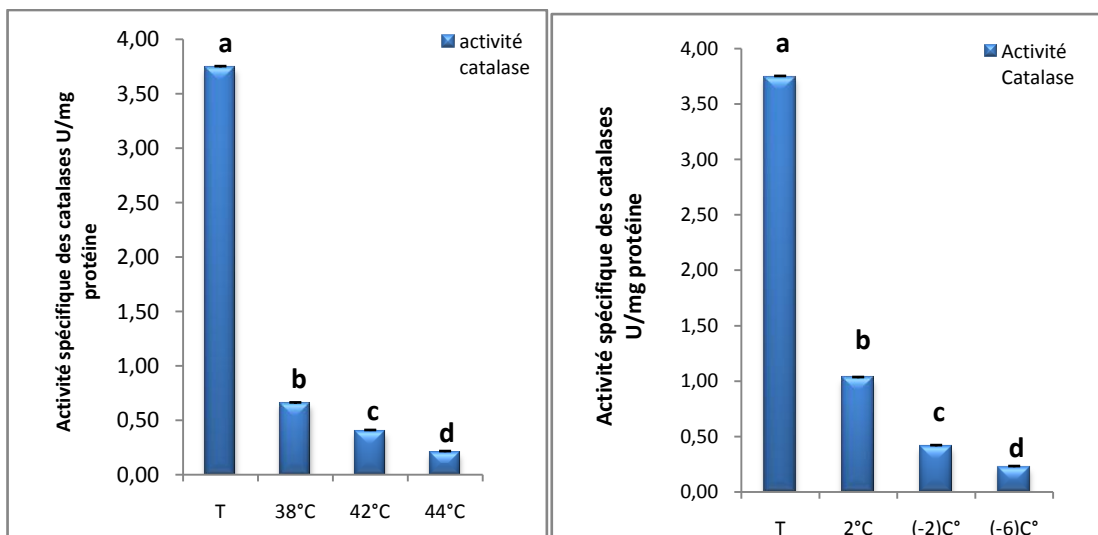
comprend les températures (44°C, -6°C) avec les moyennes les plus faibles (11,34 U/mg/mn et 12,96 U/mg/mn).



**Figure 32. Variation des teneurs en catalase dans les feuilles de *Fraxinus angustifolia* stressées par des hautes et les basses températures**

#### 1.9.2.4. Activité spécifique des catalases

Les résultats de l'activité spécifique de la catalase mesurés au niveau des feuilles de *Fraxinus angustifolia*, stressé par des hautes et basses températures (figure 33), montrent une différence très hautement significative entre les traitements thermiques. En effet, l'activité spécifique de la catalase varie de la même tendance que les teneurs en catalase pour les traitements thermiques aux hautes et basses températures, où les faibles valeurs sont obtenus aux températures 44°C et -6°C avec des taux de réduction de l'ordre de 94,43% et 94,03%.



**Figure 33. Variation de l'activité spécifique de la catalase dans les feuilles de *Fraxinus angustifolia* stressés par les hautes et les basses températures**

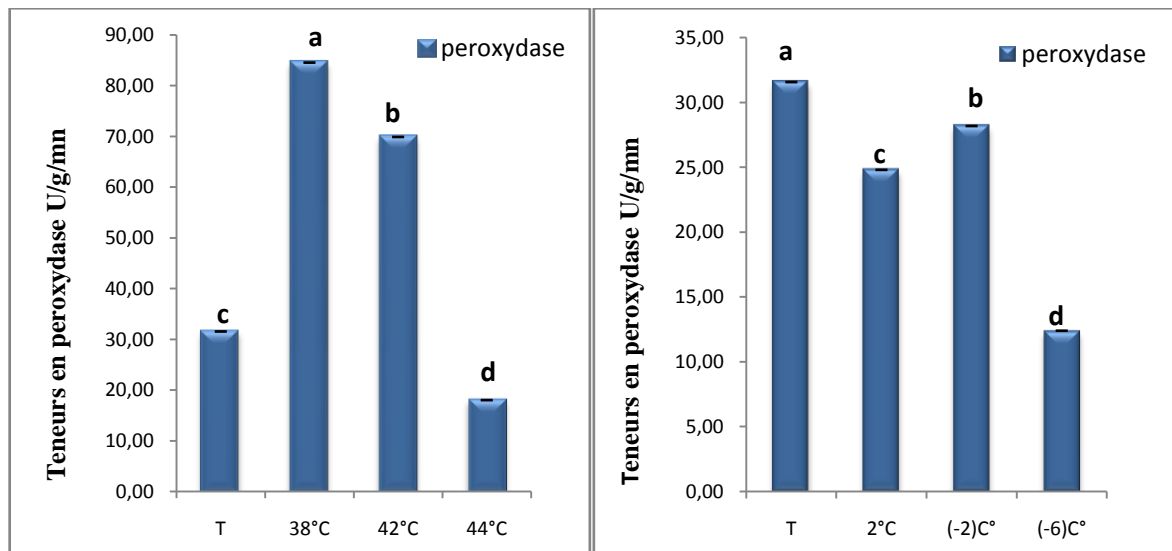
Le test Newman et Keuls à 5% révèle l'existence de quatre groupes homogènes pour les traitements thermiques aux hautes et basses températures, les résultats sont illustrés dans la figure 19, le témoin correspond au groupe a avec la plus forte moyenne (3,74 U/mg/mn), le deuxième groupe b comprend les températures 38°C, 2°C avec les moyennes de 0,66 U/mg/mn et 1,03 U/mg/mn, le troisième groupe (c) correspond aux températures 42°C, -2°C avec les moyennes de 0,40 U/mg/mn et 0,41 U/mg/mn, et le dernier groupes d comprend les températures 44°C, -6°C avec les moyennes les plus faibles (0,21 U/mg/mn 0,22 U/mg/mn).

### **1.9.3. *Melia azedarach* (Lilas des Perse)**

#### **1.9.3.1. Les peroxydases**

Les résultats obtenus du dosage des peroxydases dans les feuilles de *Melia azedarach*, indiquent que les teneurs de celle-ci varie selon le stress appliqué, où on trouve durant les traitements thermiques aux hautes températures que la valeur la plus élevée est enregistrée à 38°C avec un taux d'accroissement de 167,85% (figure 34), puis elle diminue pour atteindre son minimum à 44°C où elle est inférieure au témoin (18.05 U/g/mn). Par contre durant les traitements thermiques aux basses températures, les teneurs en peroxydases sont inférieurs au témoin où la petite valeur est observée à -6°C avec un taux de réduction de l'ordre de 60,71%.

La différence entre les moyennes des peroxydases et les traitements thermiques ont été comparées en utilisant le test de Newman et keuls ; quatre groupes sont élaborés pour les traitements aux hautes et basses températures (figure 34), le premier groupes a correspond à la température 38°C (84,59 U/g/mn), et le dernier groupe d correspond à la température 44°C avec la moyenne la plus faible (18,05 U/g/mn). Pour les basses températures, le premier groupe a comprend le témoin (31,58 U/g/mn), et le dernier groupe d correspond à la température -6°C avec la moyenne la plus faible (12,61 U/g/mn).

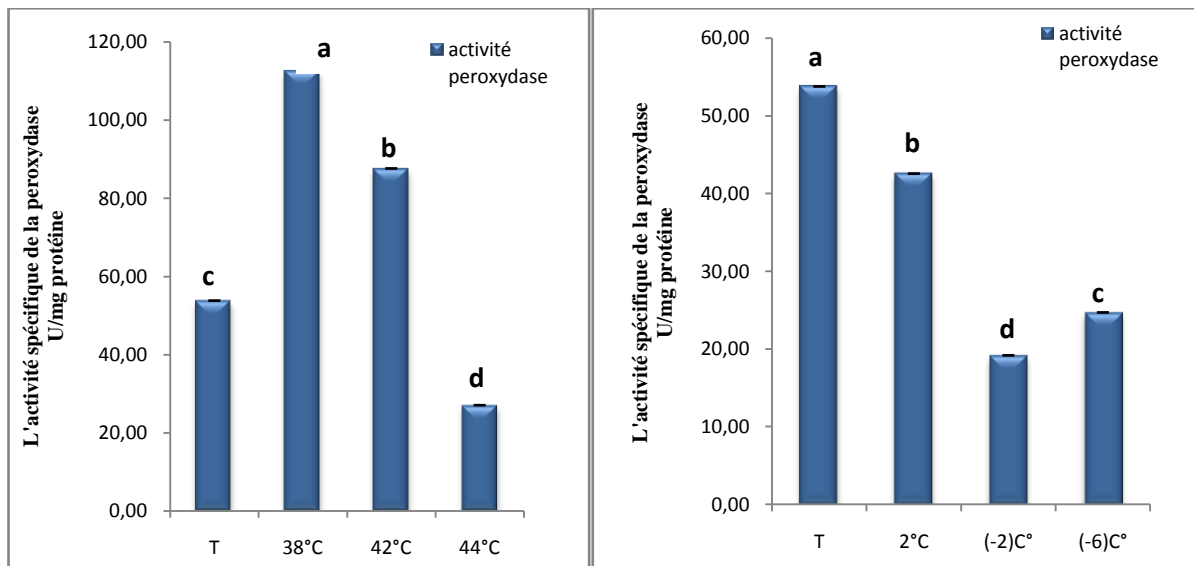


**Figure 34. Les teneurs en peroxydases de *Melia azedarach* soumis aux hautes et basses températures.**

### 1.9.3.2. L'activité spécifique de la peroxydase

L'activité spécifique de la peroxydase varie de la manière que les teneurs en peroxydases, la valeur la plus élevée est obtenue à la température de 38°C avec une augmentation de 109,12 %, puis elle diminue à 44°C où elle est inférieures au témoin (49,69 %). Concernant les basses températures, les teneurs de l'activité spécifique des peroxydases sont inférieurs au témoin, la valeur la plus faible est obtenue à -2°C (74,49%).

Le test de Newman et Keuls à 5% relève l'existence de 4 groupes homogènes (figure 15), concernant les hautes températures le premier groupe (a) correspond à la température 38°C avec les moyennes les plus élevées (112,63 U/mg protéine), alors le dernier groupe (d) comprend la température 44°C avec les moyennes les plus faibles (27,09 U/mg protéine). Pour les moyennes des basses températures l'analyse statistique a donné quatre groupes homogènes où la première classe est occupée par le témoin (53,86 U/mg protéine), et la dernière est consacrée à la température -2°C (19,19 U/mg protéine).

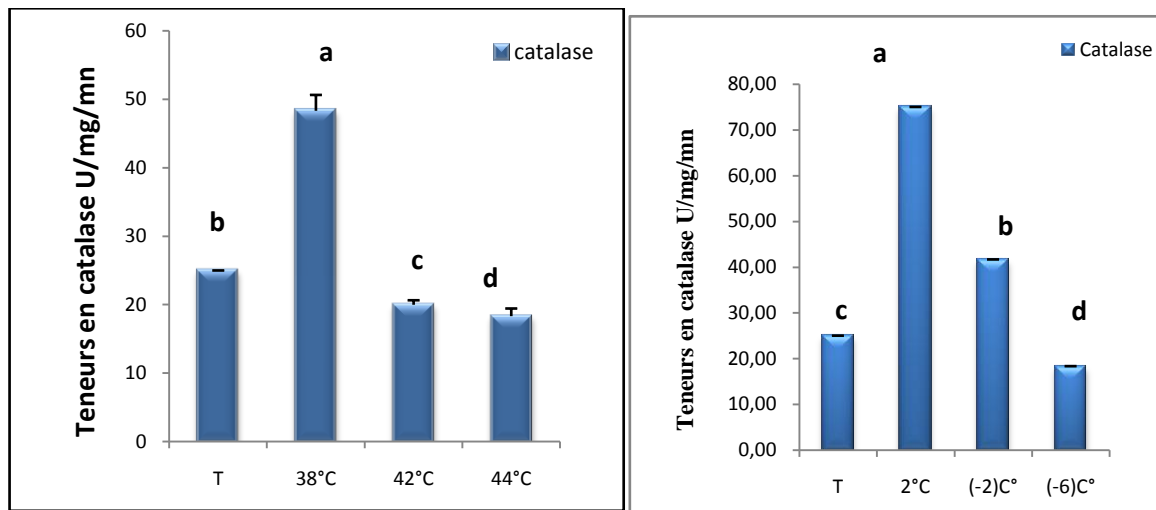


**Figure 35. Les teneurs en activité spécifique des peroxydases de *Melia azedarach* soumis aux hautes et basses températures.**

### 1.9.3.3. Les catalases

Les résultats obtenus de l'application du stress par les hautes températures dans les feuilles de *Melia azedarach* sont illustrées dans la figure 36. Une nette des teneurs en catalase augmentation est enregistrée à 38°C avec un taux d'accroissement de 93,32%. Ensuite, les niveaux d'enzyme antioxydante a diminué avec l'augmentation de la température jusqu'à 44 °C avec un taux de réduction de 26,66%. Les résultats de l'analyse de la variance à un critère de classification révèlent des différences très significatives entre les différents traitements thermiques. Concernant les basses températures, les résultats montrent une augmentation des teneurs en catalase par rapport au témoin, la plus grande valeur est obtenue à 2°C avec un taux d'augmentation de 200%. L'analyse de la variance montre une différence très hautement significative entre les différentes températures ( $p < 0.0001$ ).

Quatre groupes homogènes sont élaborées par le test Newman et Keuls à 5%, pour les traitements thermiques aux hautes températures (figure 36); le premier groupe (a) correspond la température 38°C avec la moyenne la plus élevée (48,33 U/mg/mn), le deuxième (b) comprend le témoin (25 U/mg/mn), en troisième position le groupe (c) avec la température 42°C (20 U/mg/mn ), et le dernier groupes (d) est occupé par la température 44°C (18,33 U/mg/mn ).



**Figure 36. Les teneurs en catalase au niveau des feuilles du *Melia azedarach* soumis aux hautes et basses températures**

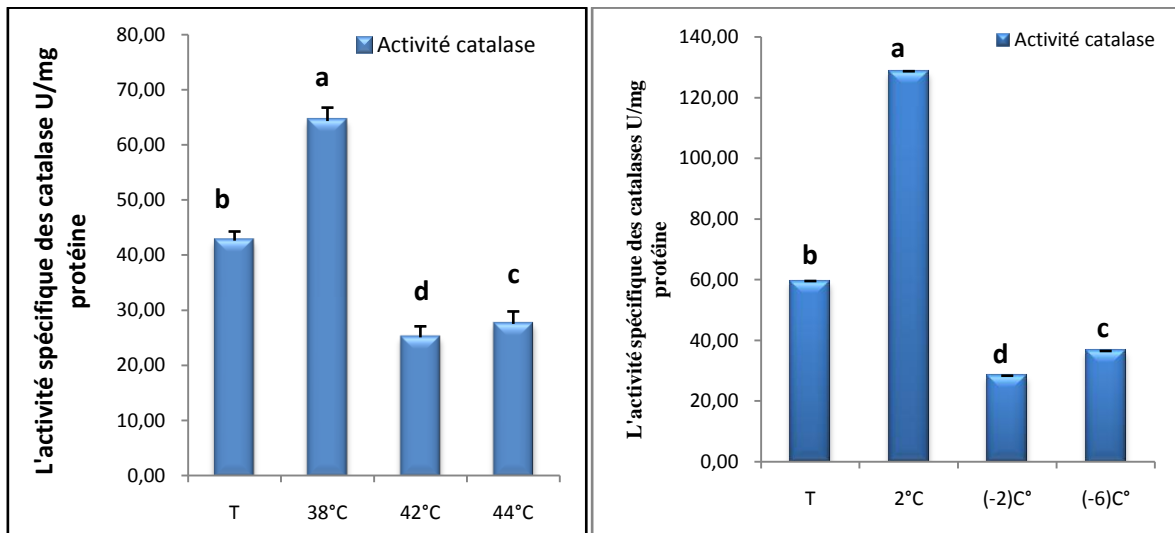
La comparaison des moyennes pour les traitements thermiques des basses températures, fait sortir aussi quatre groupes homogènes pour la catalase, le premier comprend la température 2°C avec les plus fortes moyennes (75 U/mg/mn), le deuxième b correspond à la température -2°C (41,63 U/mg/mn), le troisième groupe c comprend le témoin (25 U/mg/mn), et le dernier groupes est occupé par la température -6°C (18,33 U/mg/mn).

#### 1.9.3.4. L'activité spécifique des catalases

Les valeurs obtenues de l'activité spécifique de la catalase chez *Melia azedarach* sous traitement thermique aux hautes températures montrent aussi une augmentation importante de 167,85% à 38°C. Pour les basses températures on observe des fluctuations de l'activité spécifique de la catalase, la forte valeur est obtenu à 2°C (128,72 U/mg protéine) est la petite teneur est enregistré à -2°C (28,37 U/mg protéine). Les résultats de l'analyse de la variance à un critère de classification révèlent des différences très significatives entre les différents traitements thermiques.

La comparaison des moyennes fait sortir quatre groupes homogènes de l'activité spécifique de la catalase pour les traitements thermiques aux hautes températures, le premier groupe (a) correspond la température 38°C avec la moyenne la plus élevée (64,35 U/mg/mn) le deuxième comprend le témoin (42,64 U/mg protéine), le troisième comprend la température 44°C (27,53 U/mg protéine), et le dernier groupe C correspond à la température 42°C (25,08 U/mg protéine). Pour les basses températures le même test révèle l'existence de quatre groupes homogènes aussi, le premier groupe correspond à la température 2°C, le deuxième

comprend le témoin, en troisième position la température  $-6^{\circ}\text{C}$  (36,52 U/mg protéine), et le dernier groupe d comprend la température  $-2^{\circ}\text{C}$  avec la plus petite valeur (28,37 U/mg protéine).



**Figure 37. L'activité spécifique de la catalase au niveau des feuilles du *Melia azedarach* soumis aux hautes et basses températures**

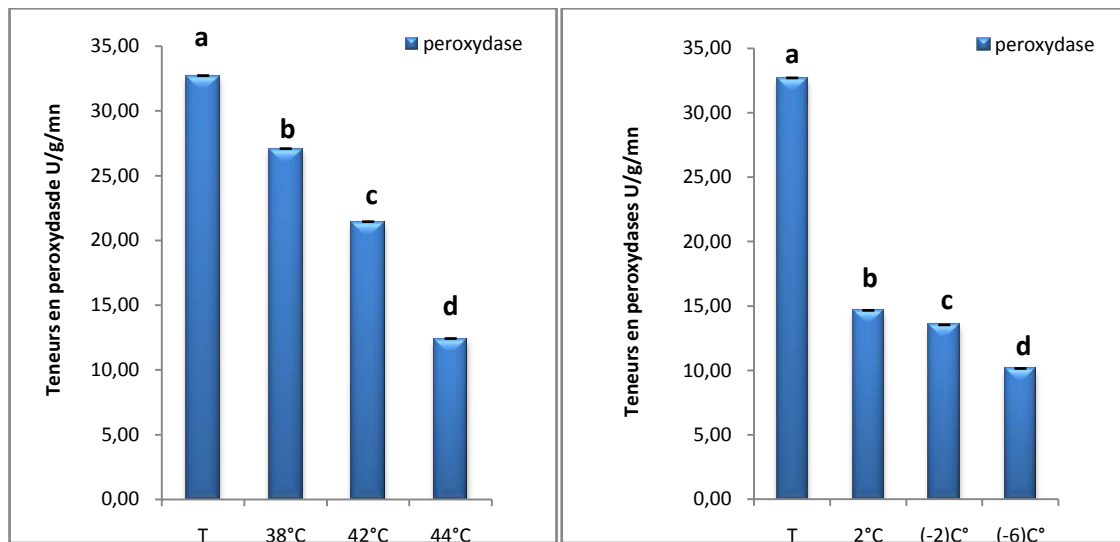
#### **1.9.4. *Maclura pomifera* (Orangé des osages)**

##### **1.9.4.1. Les peroxydases**

Les résultats obtenus de l'application du stress thermique par les hautes et basses températures sur les feuilles de *Maclura pomifera*, indiquent que les teneurs en peroxydase sont inférieure au témoin (figure 38), les valeurs les plus faibles sont enregistrées pour les températures  $44^{\circ}\text{C}$  et  $-6^{\circ}\text{C}$  avec des taux de réduction de l'ordre de 62,06 %, 68,96%.

Quatre groupes homogènes sont élaborés par le test de Newman et Keuls à 5% (figure 38), le premier groupe (a) correspond au témoin avec la moyenne la plus élevée 32,71 U/g/mn, le deuxième groupe (b) correspond aux températures  $38^{\circ}\text{C}$  et  $2^{\circ}\text{C}$  avec les moyennes de 27,07 U/g/mn, 14,66 U/g/mn, le troisième groupe (c) comprend les températures  $42^{\circ}\text{C}$  et  $-2^{\circ}\text{C}$  avec les moyennes de 21,43 U/g/mn, 13,53 U/g/mn, et le dernier groupe (d) comprend les températures  $44^{\circ}\text{C}$  et  $-6^{\circ}\text{C}$  avec 12,41 U/g/mn, 10,15 U/g/mn.



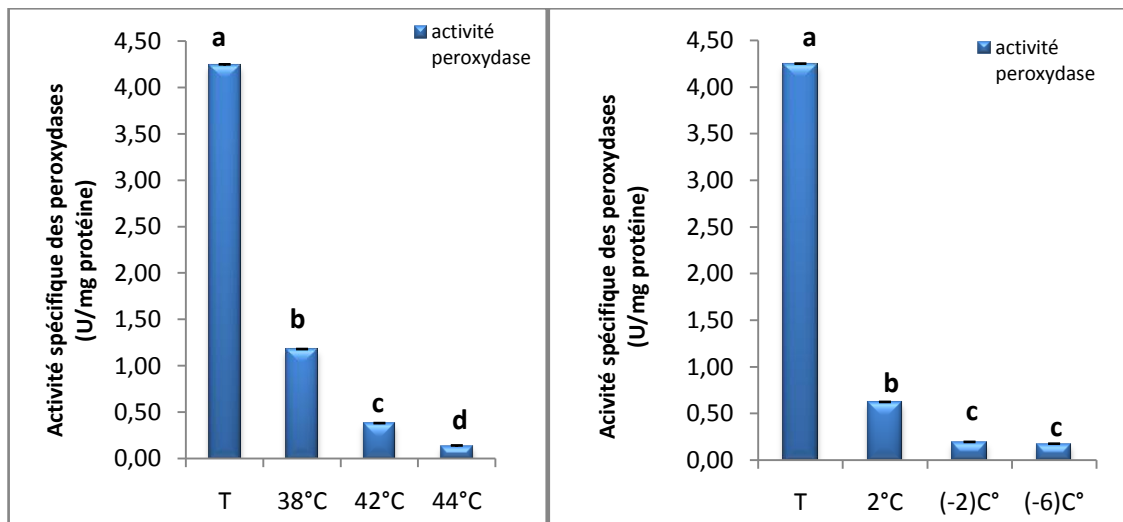


**Figure 38. Les teneurs en peroxydases de *Maclura pomifera* pour les hautes et les basses températures.**

#### **1.9.4.2. L'activité spécifique de la peroxydase**

L'activité spécifique de la peroxydase varie de la même tendance que les teneurs en peroxydase pour les traitements thermiques aux hautes et basses températures, la valeur la plus élevée est enregistrée pour le témoin (4,24 U/mg protéine), et les valeurs les plus faibles sont obtenues aux températures (44°C et -6°C) avec des taux de réduction de l'ordre de (96,84 %, 96,04 %).

Le test de Newman et Keuls à 5% relève l'existence de 4 groupes homogènes pour les traitements thermiques aux hautes températures (figure 33), le premier groupe (a) correspond au témoin, le deuxième groupe (b) comprend la température 38°C (1,17 U/mg protéine), le troisième groupe (c) comprend la température 42°C (0,37 U/mg protéine), et le dernier groupe (d) comprend la température 44°C avec la moyenne la plus faible (0,13 U/mg protéine). Pour les moyennes des basses températures l'analyse statistique a donné trois groupes homogènes, la première classe est occupée par le témoin, la deuxième classe comprend la température 2°C (0,62 U/mg protéine), et la dernière classe est consacrée aux températures (-2°C et -6°C) avec les moyennes les plus faibles (0,19 U/mg protéine, 0,17 U/mg protéine).

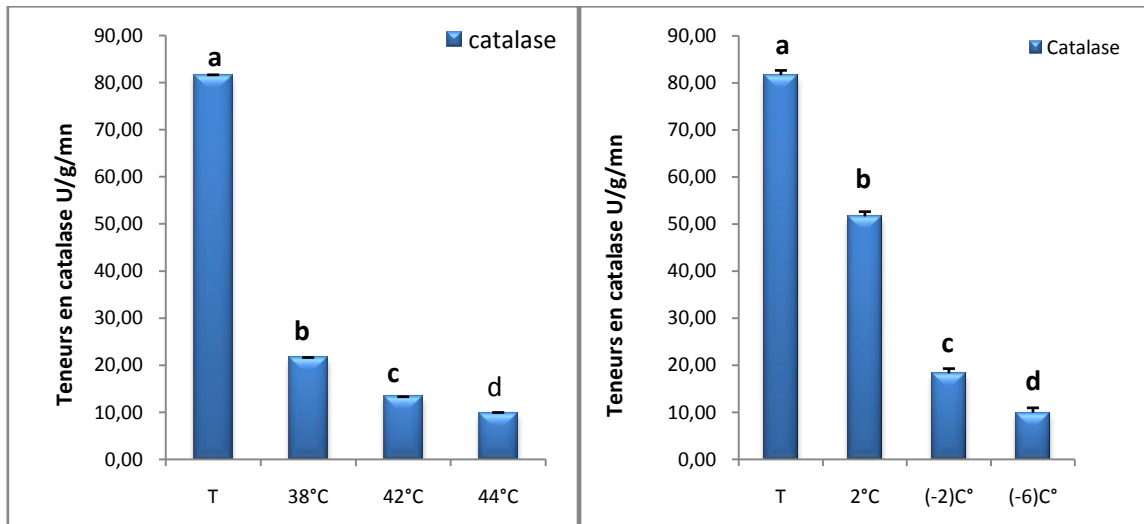


**Figure 39. Variation de l'activité en peroxydase dans les feuilles de *Maclura pomifera* pour les hautes et les basses températures**

#### **1.9.4.3. Les catalases**

Les résultats obtenus du stress thermique aux hautes et basses températures sur les feuilles de *Maclura pomifera* indiquent que les teneurs en catalase sont inférieures au témoin. Les résultats de l'analyse de la variance à un critère de classification révèlent des différences très significatives entre les différents traitements thermiques ; une diminution progressive des teneurs en catalase au fur et à mesure de l'intensité du stress appliqué, les valeurs les plus faibles sont enregistrées pour les températures 44°C et -6°C avec un taux de réduction de l'ordre de 87,75 %.

Quatre groupes homogènes sont élaborés par le test de Newman et Keuls à 5% (figure 40), le premier groupe (a) correspond au témoin avec la moyenne la plus élevée (81,67 U/g/mn), le deuxième groupe (b) correspond aux températures 38°C et 2°C avec les moyennes (21,67 U/g/mn, 51,67 U/g/mn), le troisième groupe (c) comprend les températures 42°C et -2°C avec les moyennes 13,33 U/g/mn et 18,33 U/g/mn, et le dernier groupe (d) comprend les températures 44°C et -6°C avec 10,00 U/g/mn.

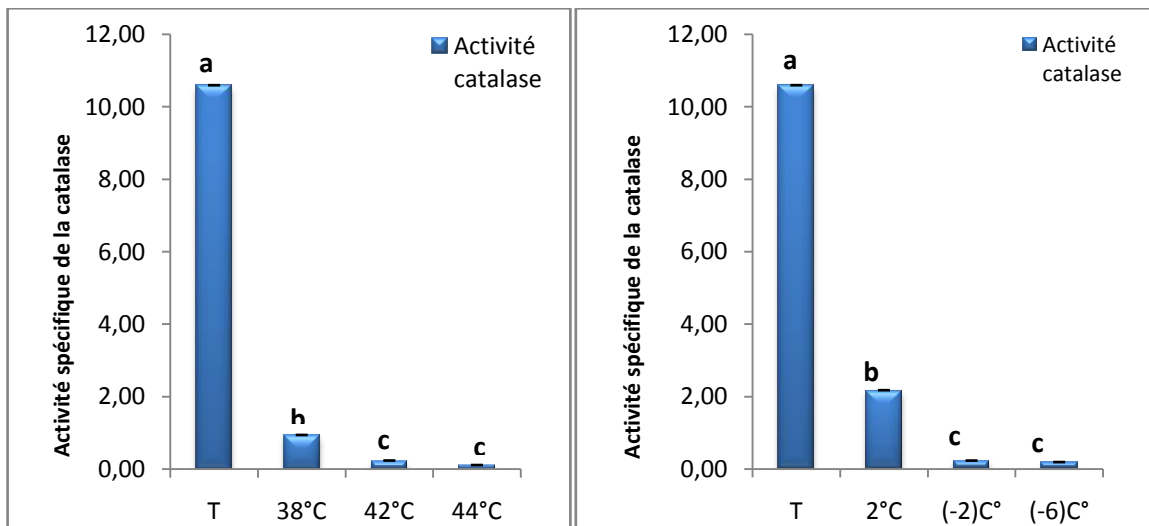


**Figure 40. Les teneurs en catalases de *Maclura pomifera* pour les hautes et les basses températures**

#### 1.9.4.4. Activité spécifique de la catalase

L'activité spécifique de la catalase varie de la même tendance que les teneurs en catalase testée dans les feuilles de *Maclura pomifera*, pour les traitements thermiques aux hautes et basses températures. Les résultats de l'analyse de la variance à un critère de classification révèlent des différences très significatives entre les différents traitements thermiques. La valeur la plus élevée est enregistrée pour le témoin (10,59 U/mg protéine), et les valeurs les plus faibles sont obtenues aux températures 44°C et -6°C avec des taux de réduction de l'ordre de 98,98 %, 98,25 %.

Trois groupes homogènes sont élaborés par le test de Newman et Keuls à 5% (figure 41), le premier groupe (a) correspond au témoin avec la moyenne la plus élevée, le deuxième groupe (b) correspond aux températures 38°C et 2°C avec les moyennes (0,94 U/g/mn, 2,17 U/g/mn) respectivement, et le dernier groupe (c) comprend les températures 42°C et -2°C et 44°C et -6°C avec les moyennes de 0,23 U/g/mn et de 0,11 U/g/mn et 0,19 U/g/mn.



**Figure 41. Variation de l'activité spécifique de la catalase dans les feuilles de *Maclura pomifera* stressés par les hautes et les basses températures.**

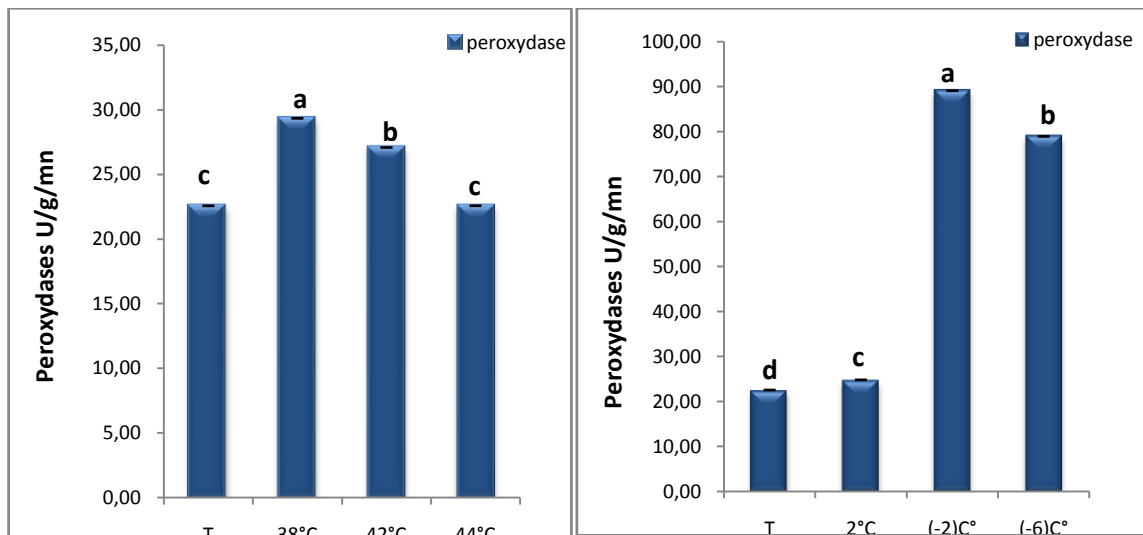
### **1.9.5. *Phytolacca americana* (Raisin d'Amérique)**

#### **1.9.5.1. Les peroxydases**

Les résultats obtenus de l'application du stress thermique par les hautes et les basses températures sur les feuilles de *Phytolacca americana*, indiquent que les teneurs en peroxydases sont supérieures au témoin (figure 42). Les valeurs les plus élevées sont enregistrées aux températures 38°C et -2°C avec des taux d'accroissements de l'ordre de 30%, et 295,5%.

Le test de Newman et Keuls à 5% relève l'existence de 3 groupes homogènes, pour les traitements aux hautes températures (figure 42), le premier groupe (a) correspond à la température 38°C avec 29,32 U/g/mn, le deuxième comprend la température 42°C avec 27,07 U/g/mn, et le derniers groupe (c) est occupé par le témoin et la température avec la moyenne la plus faible avec 22,56 U/g/mn.

Pour les basses températures les résultats des moyennes estimées par le test de Newman et Keuls à 5% donnent quatre groupes homogènes (figure 42) ; le premier groupe (a) comprend la température -2°C avec la moyenne la plus élevée (89,10 U/g/mn), le deuxième comprend la température -6°C (78,95 U/g/mn), le troisième groupe est occupé par la température -2°C (24,81 U/g/mn) et le dernier groupe (d) correspond au témoin avec la moyenne la plus faible.

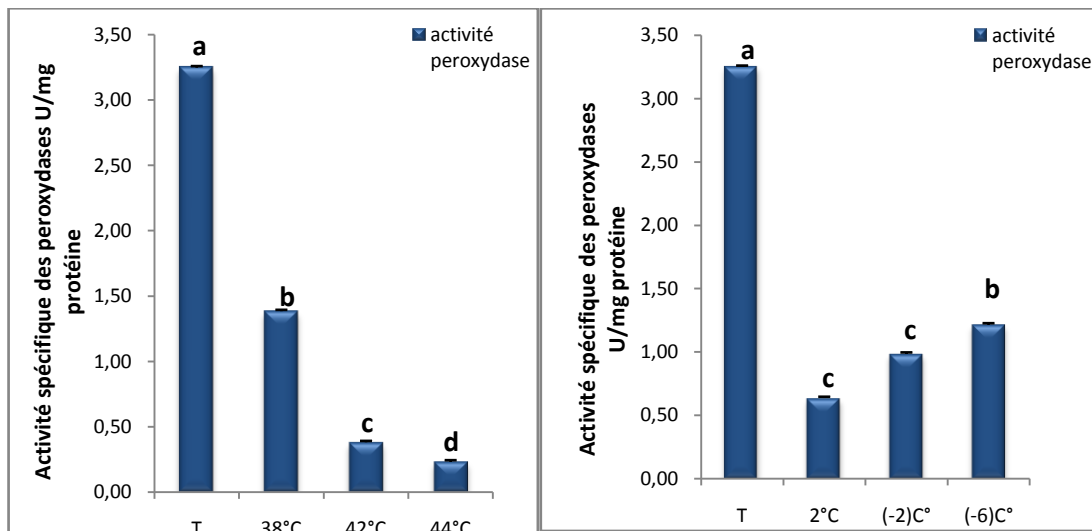


**Figure 42. Variation des teneurs en peroxydases dans les feuilles de *phytolacca americana* stressés pour les hautes et les basses températures**

### **1.9.5.2. Activité spécifique de la peroxydase**

Les résultats obtenus du stress thermique aux hautes et basses températures sur les feuilles de *Phytolacca americana* indiquent que les teneurs en activité spécifique des peroxydases sont inférieures au témoin (figure 43), les valeurs les plus faibles sont observées aux températures 44°C et 2°C avec des taux de réduction de 92,75% et 80,42%. Les résultats de l'analyse de la variance à un critère de classification révèlent des différences très significatives entre les différents traitements thermiques avec  $p < 0.0001$ .

Le test Newman et Keuls à 5% montre l'existence de quatre groupes homogènes pour le stress aux hautes températures (figure 39), le premier groupe (a) comprend le témoin avec la moyenne la plus élevée (3,26 U/mg protéine), le deuxième groupe correspond à la température 38°C (1,39 U/mg protéine), le troisième groupe (c) correspond à la température 42°C (0,38 U/mg protéine), et le dernier (d) comprend la température 44°C avec la moyenne la plus faible (0,24 U/mg protéine). Pour les basses températures le même test révèle l'existence de trois groupes homogènes, le premier groupe correspond au témoin avec la moyenne la plus élevée, le deuxième groupe comprend la température -6°C (2,22 U/mg protéine), et le dernier groupe (d) comprend les températures -2°C et 2°C avec les moyennes les plus faibles (0,69 U/mg protéine, 0,64 U/mg protéine).



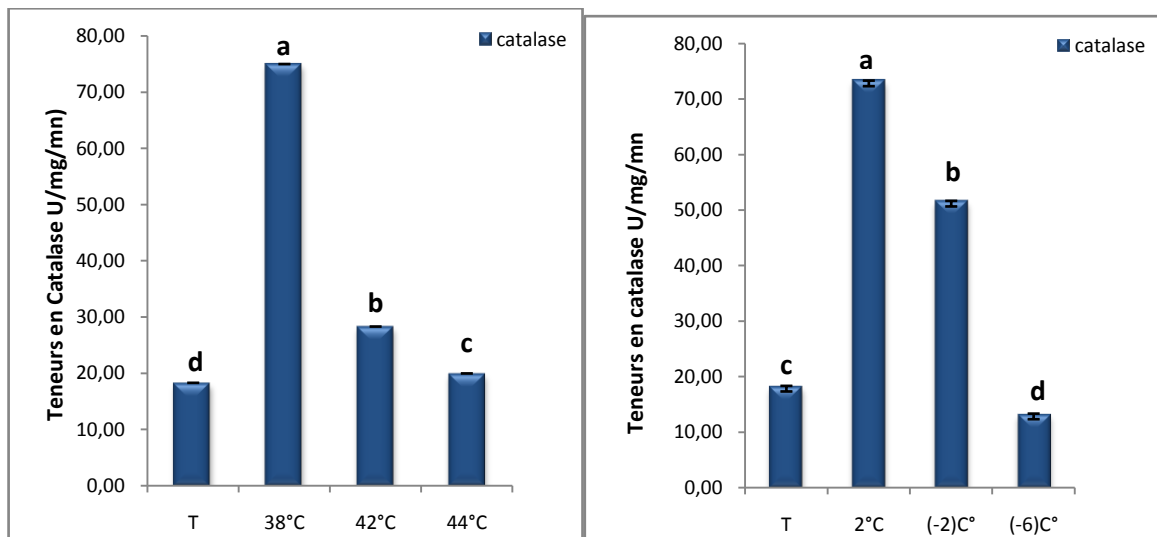
**Figure 43. Variation de l'activité en peroxydases dans les feuilles de *Phytolacca americana* stressés pour les hautes et les basses températures**

### 1.9.5.3. Les catalases

Les résultats obtenus de l'application du stress par des hautes et basses températures sur les feuilles de *Phytolacca americana*, indiquent que les teneurs en catalase sont supérieures au témoin, les résultats de l'analyse de la variance à un critère de classification révèlent des différences très significatives entre les différents traitements thermiques; les plus fortes valeurs sont obtenues aux températures 38°C et 2°C avec des taux d'augmentation de l'ordre de 309,16 %, et 300%.

Quatre groupes homogènes sont élaborés par le test Newman et Keuls à 5% pour les traitements thermiques aux hautes températures, les résultats sont illustrés dans la figure 43, le premier groupe (a) correspond à la température 38°C avec la plus forte moyenne (75 U/mg/mn), le deuxième groupe (b) comprend la température 42°C avec la moyenne de 28,32 U/mg/mn, le troisième groupe (c) correspond au température 44°C avec 20 U/mg/mn, et le dernier groupes (d) comprend le témoin avec la moyenne la plus faible de 18,33 U/mg/mn.

Concernant les basses températures, le même test révèle l'existence de quatre groupes homogènes aussi, le premier groupe (a) correspond à la température 2°C avec la plus forte moyenne (73,33 U/mg/mn), le deuxième groupe (b) comprend la température -2°C avec la moyenne (51,67 U/mg/mn), le troisième groupe (c) correspond au témoin, et le dernier groupes (d) comprend la température -6°C avec la moyenne la plus faible (13,33 U/mg/mn).

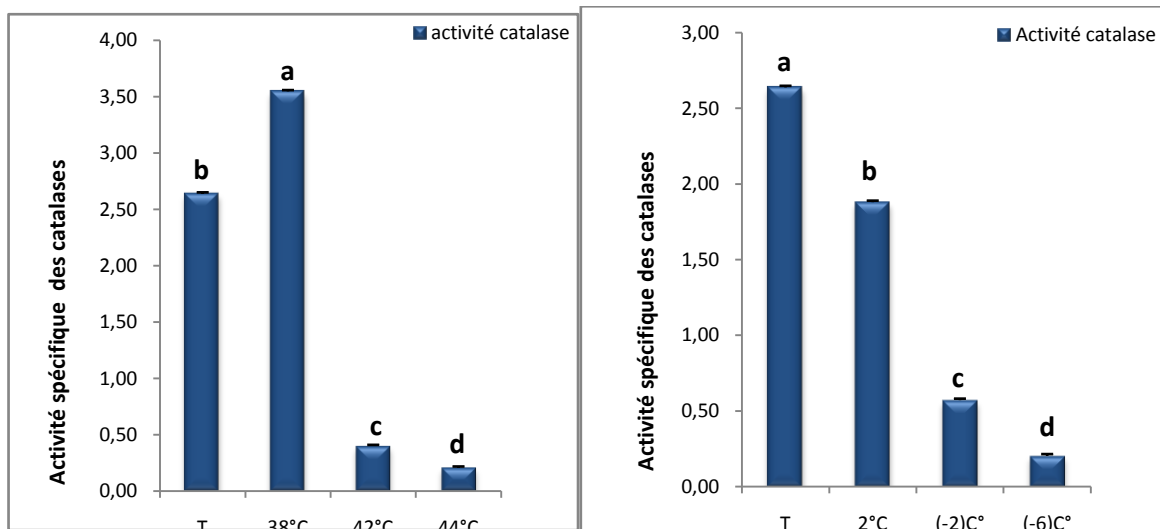


**Figure 44. Variation des teneurs en catalase dans les feuilles de *Phytolacca americana* stressés pour des hautes et les basses températures**

#### **1.9.5.4. Activité spécifique des catalases**

Les résultats obtenus du stress thermique aux hautes températures sur les feuilles de *Phytolacca americana*, indiquent une augmentation de l'activité spécifique des catalases à 38°C avec un taux d'accroissement de l'ordre de 34,35%, puis elle diminue avec l'élévation de la température. Concernant les traitements thermiques aux basses températures les teneurs en activité spécifique des catalases sont inférieures au témoin (figure 45), les valeurs les plus faibles sont enregistrées à la température -6°C avec un taux de réduction de l'ordre de 92,22%.

Le test de Newman et Keuls à 5% relève l'existence de quatre groupes homogènes, pour les traitements aux hautes températures (figure 45), le premier groupe (a) correspond à la température 38°C (3,55 U/g/mn), le deuxième groupe (b) comprend le témoin (2,64 U/g/mn), le troisième groupe correspond à la température 42°C (0,40 U/g/mn), et le dernier groupe (d) est occupé par la température 44°C avec la moyenne la plus faible (0,21 U/g/mn). Pour les basses températures les résultats des moyennes estimées par le test de Newman et Keuls à 5% donnent quatre groupes homogènes aussi; le premiers groupe (a) comprend le témoin avec la moyenne la plus élevée(2,64 U/g/mn), le deuxième comprend la température 2°C (1,88 U/g/mn), le troisième groupe est occupé par la température -2°C (0,57 U/g/mn), et le dernier groupe (d) correspond à la température -6°C avec la moyenne la plus faible (0,21 U/g/mn).



**Figure 45. Variation de l'activité spécifique de la catalase dans les feuilles de *Phytolacca americana* stressés pour les hautes et les basses températures**

**1.9.6. Le classement des espèces en fonction de la température et de l'activité spécifique des peroxydases :**

**1.9.1. Les hautes températures**

Le classement des espèces en fonction de la teneur en activité spécifique des peroxydases s'établit selon la séquence suivante :

**Témoin :** *Melia azedarach* > *Maclura pomifera* > *Phytolacca Americana* > *Acacia heterophylla Willd* > *Fraxinus angustifolia*.

**38°C:** *Melia azedarach* > *Fraxinus angustifolia* > *Acacia heterophylla Willd* > *Phytolacca americana* > *Maclura pomifera*.

**42°C:** *Melia azedarach* > *Fraxinus angustifolia* > *Acacia heterophylla Willd* > *Phytolacca americana* > *Maclura pomifera*.

**44°C:** *Melia azedarach* > *Acacia heterophylla Willd* > *Fraxinus angustifolia* > *Phytolacca americana* > *Maclura pomifera*.

**1.9.2. Les basses températures**

Le classement des espèces en fonction de la teneur en activité spécifique des peroxydases s'établit la séquence suivante :

**Témoin :** *Melia azedarach* > *Maclura pomifera* > *Phytolacca Americana* > *Acacia heterophylla Willd* > *Fraxinus angustifolia*



**-6°C:** *Melia azedarach* > *Phytolacca Americana* > *Fraxinus angustifolia* > *Acacia heterophylla Willd* > *Maclura pomifera*.

**-2°C:** *Melia azedarach* > *Fraxinus angustifolia* > *Acacia heterophylla Willd* > *Phytolacca Americana* > *Maclura pomifera*.

**2°C:** *Melia azedarach* > *Fraxinus angustifolia* > *Acacia heterophylla Willd* > *Phytolacca Americana* > *Maclura pomifera*.

### **1.9.7. Le classement des espèces en fonction de la température et de l'activité spécifique des catalases :**

#### **1.9.7.1. Les hautes températures**

Le classement des espèces en fonction de la teneur en activité spécifique des catalases s'établit selon la séquence suivante :

**Témoin :** *Melia azedarach* > *Maclura pomifera* > *Fraxinus angustifolia* > *Phytolacca Americana* > *Acacia heterophylla Willd*.

**38°C:** *Melia azedarach* > *Phytolacca americana* > *Acacia heterophylla Willd* > *Maclura pomifera* > *Fraxinus angustifolia*.

**42°C:** *Melia azedarach* > *Acacia heterophylla Willd* > *Fraxinus angustifolia* et *Phytolacca americana* > *Maclura pomifera*.

**44°C:** *Melia azedarach* > *Acacia heterophylla Willd* > *Fraxinus angustifolia* > *Phytolacca americana* > *Maclura pomifera*.

#### **1.9.7.2. Les basses températures**

Le classement des espèces en fonction de la teneur en activité spécifique des catalases s'établit la séquence suivante :

**Témoin :** *Melia azedarach* > *Maclura pomifera* > *Fraxinus angustifolia* > *Phytolacca Americana* > *Acacia heterophylla Willd*.

**-6°C:** *Melia azedarach* > *Acacia heterophylla Willd* > *Fraxinus angustifolia* > *Phytolacca Americana* > *Maclura pomifera*.

**-2°C:** *Melia azedarach* > *Acacia heterophylla Willd* > *Phytolacca Americana* > *Fraxinus angustifolia* > *Maclura pomifera*.

2°C: *Melia azedarach* > *Acacia heterophylla Willd* > *Maclura pomifera* > *Phytolacca Americana* > *Fraxinus angustifolia*.

### 1.10. Corrélation entre les variables étudiées

#### 1.10.1. L'Acacia heterophylla Willd

##### 1.10.1.1. Corrélation après l'application des traitements thermiques pour les hautes températures

Les résultats de la corrélation entre les différents paramètres en fonction des hautes températures chez l'*Acacia heterophylla Willd* (tableau 34), montrent que les teneurs en peroxydases sont corrélées positivement en protéines ( $r = 0,981$ ), en sucres solubles ( $r = 0,971$ ), et en proline ( $r = 0,862$ ) ; la catalase aussi corrélée positivement avec les sucres ( $r = 0,942$ ) et la proline ( $r = 0,908$ ).

En effet, les teneurs en protéines sont positivement corrélées avec celles des sucres solubles ( $r = 0,917$ ), et de la Proline ( $r = 0,801$ ), et négativement avec la chlorophylle totale ( $r = -0,620$ ). Cependant, La proline a une corrélation négative avec le rapport chlorophyllien ( $r = -0,805$ ) et la chlorophylle totale ( $r = -0,585$ ).

**Tableau 34** : Matrice de corrélation des principaux paramètres mesurés dans les semis de l'*Acacia heterophylla Willd* après l'application des traitements thermiques pour les hautes températures.

Variables	Chl T	Chl a/Chl b	Proline	Sucres	Protéines	Cat	A Cat	Px	A Px
Chl T	1	-0,184	-0,029	-0,283	-0,620	-0,029	0,849	-0,503	0,009
Chl a/Chl b		1	-0,805	-0,601	-0,506	-0,499	-0,125	-0,502	0,041
Proline			1	0,947	0,801	0,908	0,246	0,862	0,528
Sucres				1	0,917	0,942	0,101	0,971	0,657
Protéines					1	0,741	-0,301	0,981	0,431
Cat						1	0,410	0,854	0,834
A Cat							1	-0,123	0,535
Gpx								1	0,584
A Gpx									1

Ch T: Chlorophylle totale ; Chl a/Chl b: Rapport chlorophyllien; Cat: Catalases ; Px : Peroxydases ; A Cat : Activité spécifique de la catalase, A Px : Activité spécifique de la peroxydase.

##### 1.10.1.2. Corrélation après l'application des traitements thermiques pour les basses températures

Les résultats de la liaison entre les différents paramètres en fonction des basses températures chez l'*Acacia heterophylla Willd* (tableau 35), représentent des fortes corrélations positives de la catalase avec les sucres solubles et les protéines ( $r = 0,956$ ), elle

est corrélée aussi négativement avec la chlorophylle totale ( $r = -0,805$ ), et le rapport chlorophyllien ( $r = -0,589$ ). Ainsi, l'activité spécifique de la catalase est corrélée positivement avec les sucres ( $r = 0,933$ ), la catalase ( $r = 0,928$ ), et les protéines ( $r = 0,793$ ).

En effet, des fortes corrélations négatives entre les protéines et la chlorophylle totale ( $r = -0,918$ ), et le rapport chlorophyllien ( $r = -0,794$ ) d'une part, et entre la proline avec le rapport chlorophyllien ( $r = -0,978$ ) et la chlorophylle totale ( $r = -0,899$ ) d'autre part.

**Tableau 35** : Matrice de corrélation des principaux paramètres mesurés dans les semis de l'*Acacia heterophylla Willd* après l'application des traitements thermiques pour les basses températures.

Variables	Chl	Chl a/b	Proline	Sucres	Protéin	Cat	A Cat	Px	A Px
Chl T	1	0,898	-0,899	-0,610	-0,918	-0,805	-0,613	0,086	0,492
Chl a/Chl b		1	-0,978	-0,395	-0,794	-0,589	-0,274	0,365	0,760
Proline			1	0,558	0,877	0,709	0,405	-0,178	-0,625
Sucres				1	0,862	0,959	0,933	0,709	0,294
Protéines					1	0,959	0,793	0,258	-0,214
Cat						1	0,928	0,511	0,069
A Cat							1	0,717	0,383
Px								1	0,879
A Px									1

**Ch T** : Chlorophylle totale ; **Chl a/Chl b** : Rapport chlorophyllien; **Cat** : Catalases ; **Px** : Peroxydases ; **A Cat** : Activité spécifique de la catalase, **A Px** : Activité spécifique de la peroxydase.

### **1.10.2. *Fraxinus angustifolia***

#### **1.10.2.1. Corrélation après l'application des traitements thermiques pour les hautes températures**

Les résultats de la corrélation entre les différents paramètres en fonction des hautes températures (tableau 36), montrent que les sucres et les protéines sont corrélées positivement en chlorophylle totale ( $r = 0,996$ ,  $r=0,994$ ) et en proline, ( $r = 0,996$ ,  $r=0,994$ ), respectivement. Ainsi, les catalases sont corrélées négativement en sucres ( $r = -0,950$ ), en protéine ( $r = -0,960$ ), en proline et à la chlorophylle totale ( $r = -0,958$ ), et positivement à l'activité spécifique de la catalase ( $r=0,972$ ), et à l'activité spécifique de la peroxydase ( $r=0,965$ ).

Des fortes corrélations négatives sont obtenues aussi entre les peroxydases avec la proline et la chlorophylle totale ( $r = -0,958$ ), les sucres ( $r = -0,928$ ), les protéines ( $r = -0,930$ ), et positive avec les catalases ( $r = 0,996$ ) et l'activité spécifique des catalases ( $r = 0,989$ ), et l'activité spécifique des peroxydases ( $r = 0,986$ ).

**Tableau 36 :** Matrice de corrélation des principaux paramètres mesurés dans les semis de *Fraxinus angustifolia* après l'application des traitements thermiques pour les hautes températures.

	<b>Chl T</b>	<b>Chl a/ b</b>	<b>Proline</b>	<b>Sucre</b>	<b>Protéine</b>	<b>Cat</b>	<b>A Cat</b>	<b>Px</b>	<b>A Px</b>
<b>Chl T</b>	1	0,204	-0,300	0,996	0,994	-0,958	-0,881	-0,931	-0,867
<b>Chl a/b</b>		1	0,204	0,150	0,252	0,010	0,246	0,104	0,271
<b>Proline</b>			1	0,996	0,994	-0,958	-0,881	-0,931	-0,867
<b>Sucre</b>				1	0,980	-0,950	-0,887	-0,928	-0,873
<b>Protéine</b>					1	-0,960	-0,872	-0,930	-0,858
<b>Cat</b>						1	0,972	0,996	0,965
<b>A Cat</b>							1	0,989	1,000
<b>Px</b>								1	0,986
<b>A Px</b>									1

**Ch T:** Chlorophylle totale ; **Chl a/Chl b:** Rapport chlorophyllien; **Cat:** Catalases ; **Px :** Peroxydases ; **A Cat :** Activité spécifique de la catalase, **A Px :** Activité spécifique de la peroxydase.

#### **1.10.2.2. Corrélation après l'application des traitements thermiques pour les basses températures**

Les résultats de la liaison entre les différents paramètres en fonction des basses températures (tableau 37), représente des fortes corrélations négatives du rapport chlorophyllien avec la chlorophylle totale ( $r = -0,999$ ). La proline aussi donne de fortes corrélations négatives avec la chlorophylle totale ( $r = -0,996$ ), la catalase ( $r = -0,964$ ), l'activité spécifique de la catalase ( $r = -0,980$ ), la peroxydase ( $r = -0,967$ ), l'activité spécifique de la peroxydase ( $r = -0,972$ ), et positive au rapport chlorophyllien ( $r = -0,924$ ). Ainsi, des fortes corrélations positives sont obtenues entre les protéines et le rapport chlorophyllien ( $r = 0,981$ ), la proline ( $r = 0,919$ ), et les sucres ( $r = 0,964$ ).

En effet, des fortes corrélations positives sont observées entre les catalases et la chlorophylle totale ( $r = 0,942$ ), l'activité spécifique de la catalase ( $r = 0,962$ ), la peroxydase ( $r = 0,961$ ), l'activité spécifique de la peroxydase ( $r = 0,951$ ), et négative au proline ( $r = -0,964$ ), et aux sucres ( $r = -0,904$ ). Les peroxydases sont aussi corrélés positivement à la chlorophylle totale ( $r = 0,966$ ), au catalase ( $r = 0,961$ ), et à l'activité spécifique de la peroxydase ( $r = 0,998$ ).

**Tableau 37 :** Matrice de corrélation des principaux paramètres mesurés dans les semis de *Fraxinus angustifolia* après l'application des traitements thermiques pour les basses températures.

	<b>Chl T</b>	<b>Chl a/b</b>	<b>Proline</b>	<b>Sucre</b>	<b>Protéine</b>	<b>Cat</b>	<b>A Cat</b>	<b>Px</b>	<b>A Px</b>
<b>Chl T</b>	1,000	-0,999	-0,996	-0,832	-0,899	0,942	0,981	0,966	0,976
<b>Chl a/ b</b>		1,000	0,924	0,895	0,981	-0,837	-0,833	-0,797	-0,815
<b>Proline</b>			1,000	0,872	0,919	-0,964	-0,980	-0,967	-0,972
<b>Sucre</b>				1,000	0,964	-0,904	-0,790	-0,769	-0,762
<b>Protéine</b>					1,000	-0,879	-0,826	-0,794	-0,802
<b>Cat</b>						1,000	0,962	0,961	0,951
<b>A Cat</b>							1,000	0,998	0,999
<b>Px</b>								1,000	0,998
<b>A Px</b>									1,000

**Ch T:** Chlorophylle totale ; **Chl a/Chl b:** Rapport chlorophyllien; **Cat:** Catalases ; **Px :** Peroxydases ; **A Cat :** Activité spécifique de la catalase, **A Px :** Activité spécifique de la peroxydase.

### 1.10.3. *Melia azedarach*

#### 1.10.3.1. Corrélation après l'application des traitements thermiques pour les hautes températures

Les résultats de la corrélation entre les différents paramètres en fonction des hautes températures (tableau 38), montrent que les teneurs en peroxydase sont corrélées positivement à l'activité spécifique de la peroxydase ( $r = 0,989$ ), les sucres sont fortement corrélées au proline ( $r = 0,969$ ), en revanche la catalase est corrélée négativement avec la chlorophylle totale ( $r = 0,604$ ), les sucres ( $r = 0,555$ ) et la proline ( $r = 0,341$ ), et positivement au rapport chlorophyllien ( $r = 0,923$ ).

**Tableau 38.** Matrice de corrélation des principaux paramètres mesurés dans les semis de *Melia azedarach* après l'application des traitements thermiques pour les hautes températures.

<b>Variables</b>	<b>Chl T</b>	<b>Chl</b>	<b>Proline</b>	<b>Sucres</b>	<b>Protéine</b>	<b>Cat</b>	<b>A Cat</b>	<b>Px</b>	<b>A Px</b>
<b>Chl T</b>	1,000	-0,857	-0,406	-0,235	-0,895	-0,604	-0,379	-0,788	-0,721
<b>Chl a/ b</b>		1,000	0,016	-0,210	0,597	0,923	0,799	0,771	0,780
<b>Proline</b>			1,000	0,969	0,379	-0,341	-0,502	-0,181	-0,311
<b>Sucres</b>				1,000	0,306	-0,555	-0,700	-0,289	-0,424
<b>Protéine</b>					1,000	0,318	0,066	0,821	0,728
<b>Cat</b>						1,000	0,894	0,050	0,187
<b>A Cat</b>							1,000	-0,399	-0,265
<b>Px</b>								1,000	0,989
<b>A Px</b>									1,000

**Ch T:** Chlorophylle totale ; **Chl a/Chl b:** Rapport chlorophyllien; **Cat:** Catalases ; **Px :** Peroxydases ; **A Cat :** Activité spécifique de la catalase, **A Px :** Activité spécifique de la peroxydase.

**1.10.3.2. Corrélation après l'application des traitements thermiques pour les basses températures**

Les résultats de la liaison entre les différents paramètres en fonction des basses températures (tableau 39), indiquent de fortes corrélations positives de l'activité spécifique des peroxydases avec la chlorophylle totale ( $r = 0,965$ ), elle est corrélée aussi négativement avec les sucres, et la proline ( $r = 0,958$ ). Ainsi, les sucres sont corrélés positivement avec la proline ( $r = 0,995$ ), et négativement avec la chlorophylle totale ( $r = -0,999$ ). La catalase ( $r = 0,928$ ), et les protéines ( $r = 0,793$ ).

**Tableau 39 :** Matrice de corrélation des principaux paramètres mesurés dans les semis de *Melia azedarach* après l'application des traitements thermiques pour les basses températures.

Variables	Chl T	Chl	Proline	Sucres	Protéine	Cat	A Cat	Px	A Px
<b>Chl T</b>	1,000	-0,891	-0,992	-0,999	-0,444	0,142	0,451	0,731	0,965
<b>Chl a/ b</b>		1,000	0,856	0,892	0,256	-0,570	-0,718	-0,773	-0,754
<b>Proline</b>			1,000	0,995	0,367	-0,064	-0,343	-0,777	-0,958
<b>Sucres</b>				1,000	0,407	-0,140	-0,430	-0,757	-0,958
<b>Protéine</b>					1,000	0,113	-0,456	0,287	-0,602
<b>Cat</b>						1,000	0,829	0,272	-0,074
<b>A Cat</b>							1,000	0,165	0,340
<b>Px</b>								1,000	0,566
<b>A Px</b>									1,000

**Ch T:** Chlorophylle totale ; **Chl a/Chl b:** Rapport chlorophyllien; **Cat:** Catalases ; **Px :** Peroxydases ; **A Cat :** Activité spécifique de la catalase, **A Px :** Activité spécifique de la peroxydase.

En effet, des fortes corrélations négatives entre la proline et la chlorophylle totale ( $r = -0,992$ ), et positive avec le rapport chlorophyllien ( $r = 0,856$ ).

**1.10.4. *Maclura pomifera***

**1.10.4.1. Corrélation après l'application des traitements thermiques pour les hautes températures**

Les résultats de la corrélation entre les différents paramètres en fonction des hautes températures (tableau 40), montrent que les teneurs en chlorophylles totales sont corrélées positivement aux rapports chlorophylliens ( $r = 0,921$ ), et négativement aux protéines ( $r = -0,919$ ), et à l'activité spécifique de la catalase ( $r = -0,924$ ). La proline aussi est corrélée positivement aux sucres solubles ( $r = 0,966$ ), et aux protéines ( $r = 0,926$ ) ; et négativement aux peroxydases ( $r = -0,961$ ) et à l'activité spécifique des peroxydases ( $r = -0,935$ ).

En effet, de forte corrélation positives sont obtenues entre les protéines et l'activité spécifique des catalases ( $r= 0,994$ ), et négative aux peroxydases ( $r= -0,989$ ). Et finalement l'activité spécifique des catalases est fortement corrélée négativement aux peroxydases ( $r= -0,973$ ).

**Tableau 40 :** Matrice de corrélation des principaux paramètres mesurés dans les semis de *Maclura pomifera* après l'application des traitements thermiques aux hautes températures.

	<b>Chl T</b>	<b>Chl a/b</b>	<b>Proline</b>	<b>Sucre</b>	<b>Protéine</b>	<b>Cat</b>	<b>A Cat</b>	<b>Px</b>	<b>A Px</b>
<b>Chl T</b>	1	0,921	-1,084	-0,852	-0,919	0,436	-0,924	0,858	0,513
<b>Chl a/b</b>		1	-0,588	-0,613	-0,706	0,190	-0,702	0,618	0,278
<b>Proline</b>			1	0,966	0,926	-0,899	0,881	-0,961	-0,935
<b>Sucre</b>				1	0,987	-0,814	0,969	-1,000	-0,855
<b>Protéine</b>					1	-0,709	0,994	-0,989	-0,761
<b>Cat</b>						1	-0,646	0,803	0,996
<b>A Cat</b>							1	-0,973	-0,700
<b>Px</b>								1	0,845
<b>A Px</b>									1

**Ch T:** Chlorophylle totale ; **Chl a/Chl b:** Rapport chlorophyllien; **Cat:** Catalases ; **Px :** Peroxydases ; **A Cat :** Activité spécifique de la catalase, **A Px :** Activité spécifique de la peroxydase.

#### **1.10.4.2. Corrélation après l'application des traitements thermiques pour les basses températures**

Les résultats de la liaison entre les différents paramètres en fonction des basses températures (tableau 41), représente des fortes corrélations positives de la proline aux sucres solubles ( $r = 0,910$ ) et aux rapports chlorophylliens ( $r=0,945$ ), et négatives aux chlorophylles totales ( $r= -0,986$ ), qui est lui aussi corrélé négativement aux rapports chlorophyllien ( $r= -0,959$ ). Les catalases sont corrélées positivement aux peroxydases ( $r = 0,906$ ), et négativement aux sucres solubles ( $r = -0,982$ ), et à l'activité spécifique des catalases ( $r= -0,943$ ).

**Tableau 41 :** Matrice de corrélation des principaux paramètres mesurés dans les semis de *Maclura pomifera* après l'application des traitements thermiques pour les basses températures.

	<b>Chl T</b>	<b>Chl a/b</b>	<b>Proline</b>	<b>Sucre</b>	<b>Protéine</b>	<b>Cat</b>	<b>A Cat</b>	<b>Px</b>	<b>A Px</b>
<b>Chl T</b>	1	-0,959	-0,986	-0,841	-0,410	0,727	-0,792	0,554	0,446
<b>Chl a/b</b>		1	0,945	0,730	0,242	-0,593	0,672	-0,430	-0,307
<b>Proline</b>			1	0,910	0,504	-0,822	0,844	-0,683	-0,588
<b>Sucre</b>				1	0,801	-0,982	0,965	-0,848	-0,806
<b>Protéine</b>					1	-0,861	0,881	-0,671	-0,714
<b>Cat</b>						1	-0,943	0,906	0,888
<b>A Cat</b>							1	-0,715	-0,687
<b>Px</b>								1	0,990
<b>A Px</b>									1

**Ch T:** Chlorophylle totale ; **Chl a/Chl b:** Rapport chlorophyllien; **Cat:** Catalases ; **Px :** Peroxydases ; **A Cat :** Activité spécifique de la catalase, **A Px :** Activité spécifique de la peroxydase.

### 1.10.5. *Phytolacca americana*

#### 1.10.5.1. Corrélation après l'application des traitements thermiques pour les hautes températures

Les résultats de la corrélation entre les différents paramètres en fonction des hautes températures (tableau 42), montrent que la proline est corrélée positivement aux sucres solubles ( $r = 0,968$ ), et aux protéines ( $r=0,904$ ), et négativement à l'activité spécifique de la catalase ( $r= -0,916$ ), et à l'activité spécifique de la peroxydase ( $r= -0,982$ ).

**Tableau 42 :** Matrice de corrélation des principaux paramètres mesurés pour les semis de *Phytolacca americana* après l'application des traitements thermiques pour les hautes températures.

	<b>Chl T</b>	<b>Chl a/ b</b>	<b>Proline</b>	<b>Sucre</b>	<b>Protéine</b>	<b>Cat</b>	<b>A Cat</b>	<b>Px</b>	<b>A Px</b>
<b>Chl T</b>	1	-0,848	-0,159	0,072	0,529	0,186	0,212	-0,960	-0,033
<b>Chl a/b</b>		1	-0,618	-0,509	-0,849	0,247	0,267	0,665	0,520
<b>Proline</b>			1	0,968	0,904	-0,883	-0,916	0,157	-0,992
<b>Sucre</b>				1	0,881	-0,960	-0,958	0,221	-0,982
<b>Protéine</b>					1	-0,718	-0,715	-0,260	-0,862
<b>Cat</b>						1	0,988	-0,450	0,931
<b>A Cat</b>							1	-0,490	0,959
<b>Px</b>								1	-0,263
<b>A Px</b>									1

**Ch T:** Chlorophylle totale ; **Chl a/Chl b:** Rapport chlorophyllien; **Cat:** Catalases ; **Px :** Peroxydases ; **A Cat :** Activité spécifique de la catalase, **A Px :** Activité spécifique de la peroxydase.



Ainsi, les catalases sont corrélées négativement aux sucres solubles ( $r = -0,960$ ), et positivement à l'activité spécifique de la catalase ( $r=0,988$ ), et à l'activité spécifique de la peroxydase ( $r=0,931$ ). Des fortes corrélations négatives sont obtenues aussi entre l'activité spécifique des catalases et l'activité spécifique des peroxydases ( $r = 0,959$ ).

**1.10.5.2. Corrélation après l'application des traitements thermiques pour les basses températures**

Les résultats de la liaison entre les différents paramètres en fonction des basses températures (tableau 43), représentent des fortes corrélations négatives entre la chlorophylle totale et les sucres solubles ( $r = -0,987$ ), et positives avec la catalase ( $r = 0,938$ ). Le rapport chlorophyllien aussi est corrélé positivement aux sucres solubles ( $r = 0,937$ ), et aux protéines ( $r = 0,923$ ).

**Tableau 43 :** Matrice de corrélation des principaux paramètres mesurés dans les semis de *Phytolacca americana* après l'application des traitements thermiques pour les basses températures.

	Chl T	Chl a/ b	Proline	Sucre	Protéine	Cat	A Cat	Px	A Px
Chl T	1	-0,638	-0,836	-0,987	-0,801	0,938	0,792	-0,830	0,539
Chl a/ b		1	0,610	0,937	0,923	-0,886	-0,652	0,965	-0,346
Proline			1	0,739	0,345	-0,891	-0,503	0,416	-0,293
Sucre				1	0,881	-0,886	-0,845	0,898	-0,603
Protéine					1	-0,659	-0,764	0,990	-0,539
Cat						1	0,532	-0,740	0,222
A Cat							1	-0,710	0,935
Px								1	-0,443
A Px									1

**Ch T:** Chlorophylle totale ; **Chl a/Chl b:** Rapport chlorophyllien; **Cat:** Catalases ; **Px :**Peroxydases ; **A Cat :** Activité spécifique de la catalase, **A Px :** Activité spécifique de la peroxydase.

En effet, des fortes corrélations positives sont observées entre les protéines et les peroxydases ( $r = 0,990$ ), d'une part et d'autre part entre l'activité spécifique des catalases et l'activité spécifique des peroxydases ( $r=0,935$ ).

## 2. Discussion

La valorisation et la préservation du patrimoine végétal urbain passent d'abord par la connaissance des conditions de vie des arbres qui le composent (Dardour *et al.*, 2014), à l'échelle de la plante ; la température influence plusieurs paramètres tels que la photosynthèse, les réactions métaboliques, la phénologie, les mouvements des solutés, le fonctionnement des biomembranes...etc. (Laala A *et al.*, 2013). De ce fait, les arbres développent des mécanismes de tolérance au niveau des cellules, par l'accumulation des osmoprotecteurs comme (les protéines solubles, la proline, les sucres solubles...etc). Ces constituants servent à augmenter la pression osmotique dans le cytoplasme et peuvent aussi stabiliser les protéines et les membranes quand les températures sont défavorables (Breton *et al.*, 2000).

Les résultats obtenus, à partir de l'étude des marqueurs biochimiques de résistance chez les semis de : *Acacia heterophylla Willd*, *Fraxinus angustifolia*, *Melia azedarach*, *Maclura pomifera*, *Phytolacca americana* soumis aux conditions de stress thermique par leur exposition, pendant une durée de 3 heures à une gamme de hautes et basses températures comprises entre -6°C et 44°C montrent que les réponses diffèrent d'une espèce à une autre, et dépend de deux facteurs : l'organe et de l'intensité du stress.

La teneur en chlorophylle est le critère le plus utilisé pour quantifier l'état générale de la plante, c'est un excellent bio indicateur de pollution et de stress (Tripathi et Tripathi, 1999). Les résultats du dosage de la teneur en chlorophylle a et b chez l'*Acacia heterophylla Willd*, *Fraxinus angustifolia*, *Melia azedarach*, *Maclura pomifera*, et *Phytolacca americana* après les traitements thermiques aux basses températures, montrent une baisse de la synthèse des chlorophylles (a et b) par rapport au témoin ; Ces résultats corroborent celles de (Touaba, 2018) sur le Pin pignon sous conditions de stress thermique et hydrique. En fait, la diminution induite à l'activité photosynthétique en réponse aux basses températures est mentionnée dans de nombreuses études (Ducrey et Gross, 1981 ; Haichour R, 2009). Bauer *et al.*, (1975) indiquent que l'entrée du CO<sub>2</sub> diminue brusquement lorsque les organes photosynthétiques commencent à geler. Les raisons de cette interruption de l'entrée du CO<sub>2</sub> sont la fermeture des stomates induites par le gel, l'accroissement rapide de la résistance dans le mésophylle en raison de la formation de glace dans les espaces intercellulaires et enfin, l'effet du gel extracellulaire sur l'activité enzymatique et l'ultrastructure des chloroplastes. L'application prolongée de basses températures entraîne des dégâts irréversibles dans le système chlorophyllien. Ainsi, les dommages causés à la membrane thylacoïdale par le stress thermique induisent la perte de la chlorophylle, qui est mesurable facilement avec un

chlorophylle mètre (Ristic *et al.*, 2007). Pisek *et al.*, 1967 donnent comme limites inférieures pour la photosynthèse hivernale : -7 °C pour le *Pinus sylvestris*, -7,5°C pour *Albies alba* et -6,5 °C pour *Picea abies*. Il faut préciser que ces températures correspondent à des arbres adaptés aux conditions hivernales (Ducrey et Gross, 1981). Pour des arbres en phase de végétation, le gel des organes photosynthétiques donc l'arrêt de la photosynthèse se produit à des températures plus élevées, de l'ordre de -3 à -5 °C (Pisek *et al.*, 1967).

Concernant les hautes températures une augmentation importante des teneurs en chlorophylle chez l'*Acacia heterophylla Willd* et le *Maclura pomifera* aux températures 38°C, 42°C tout en restant inférieures à celles enregistrées chez le témoin pendant la température 44°C. Ces résultats sont en accord avec celle trouvée au niveau des aiguilles des semis de pin d'Alep (Laala A, 2009), ainsi l'étude de John *et al.*, 2001 sur 2 variétés de coton a montré que l'accumulation de la chlorophylle est faible pour la température 44°C. En fait, la modification de la composition des teneurs en pigments photosynthétiques chlorophylliens serait donc un caractère d'adaptation au milieu (Foyer *et al.*, 2002). Cependant, chez *Fraxinus angustifolia*, *Melia azedarach*, et *Phytolacca americana*, les teneurs en pigments chlorophylliens sont inférieurs au témoin pendant le stress appliqué. Ces résultats sont en accord avec de nombreuses études (Lehout, 2008). Parmi les causes possibles expliquant cette diminution durant les hautes températures, serait la conséquence de la réduction de l'ouverture des stomates (Brown et Tanner, 1983) visant à limiter les pertes en eau par évaporation et par la même, l'augmentation de la résistance à l'entrée du CO<sub>2</sub> atmosphérique nécessaire à la photosynthèse (Slatyer, 1974). La photosynthèse est un processus très sensible au stress thermique, suite à la sensibilité de la membrane thylacoïdale (Takeuchi et Thornber., 1994 ; Demirevska-Kepova *et al.*, 2005). De ce fait, la destruction de celle-ci induit la perte de la compartimentation cellulaire qui peut en effet inhiber le déroulement des grandes fonctions métaboliques (Cornic et Ghashghaie, 1991). En fait, les températures élevées peuvent provoquer la dénaturation des protéines, l'inactivation des enzymes et la réduction de l'activité photosynthétique du chloroplaste (Miller, 1993), elle endommage le photosystème II en supprimant les protéines favorisant l'émission de l'oxygène des thylacoïdes (Takeuchi et Thornber, 1994).

Le comportement des jeunes plants de l'*Acacia heterophylla Willd*, *Maclura pomifera*, *Fraxinus angustifolia*, *Melia azedarach*, et *Phytolacca americana* stressées à des différents niveaux de hautes et basses températures manifestent des variations dans l'accumulation de la proline, dans les différents organes selon l'intensité du stress appliqué. En effet, elles sont faibles dans les conditions normales, mais elles augmentent avec l'augmentation de la

température. Ces résultats sont en accord avec ceux de Touaba et Alatou, 2017 qui montrent que cette accumulation est très liée aux stress thermique, mais elle se comporte différemment dans les feuilles et les racines (Côme, 1992). De nombreux travaux rapportent que la proline s'accumule dans la plante lorsqu'elle se trouve en conditions défavorables (Sivarama krishnan et al., 1988) ce qui traduit le caractère de la résistance au stress (Greenway et Munns, 1980). En fait, l'étude de Hamli (2015) a confirmé que le stress thermique a induit l'accumulation de la proline ainsi que l'augmentation du pourcentage de dommages de la membrane plasmique de deux variétés de blé dur. Certains auteurs Belkhodja et Benkabilia, 2000 pensent que l'accumulation des osmoprotecteurs est une des stratégies adaptatives déclenchées par la plante face aux contraintes de l'environnement. D'autres auteurs estiment que le niveau de tolérance des plantes aux stress pourrait être lié aux quantités de proline et des sucres solubles accumulées (Singh et al., 1973 ; Monneveux et Nemmar, 1986), tel que la variété de blé dur (Korifla) qui est classé tolérante sur la base de la proline, des sucres solubles, et de la reprise d'élongation foliaire (Hamli S, 2015). Nos résultats montrent que la concentration en proline est plus élevée chez les racines par rapport aux autres organes ; ces résultats corroborent celle de (Kanouni, 2013) sur les semis de chêne liège, qui a confirmé que la teneur en proline augmente proportionnellement dans les racines avec l'intensité et la durée du stress thermique.

Les sucres solubles ont aussi connu une variation de leur concentration après le stress thermique (hautes températures et basses températures). En fait, une accumulation importante de celle-ci est observée dans les organes de toutes les espèces étudiées. L'analyse de la variance, révèle des différences significatives entre les organes et les traitements thermiques. Les teneurs en sucres sont généralement plus concentrés dans les feuilles par rapport aux autres organes chez l'*Acacia heterophylla Willd.* Ces résultats concordent avec ceux de Osmane (2012) sur le faux poivrier, et de Touaba et Alatou (2017) sur le pin pignon, et de Haichour (2009) sur le chêne vert. Selon les mêmes auteurs les racines ne sont pas des tissus importants de stockage. D'ailleurs, (Katerji et al., 1994) ont montré que la contrainte thermique exerce sur les baies un effet semblable à ce qui se passe dans les feuilles puisqu'elle favorise l'élaboration de critères qualitatifs notamment la synthèse et l'accumulation des sucres. Cependant, pour les autres espèces la concentration est plus élevée au niveau des racines par rapport aux autres organes. Ces résultats sont en accord avec ceux de (Williams, 1996) et de (Zapata, 1998) qui montrent que l'amidon et les sucres solubles sont plus abondants dans les racines que dans le tronc de la vigne, et confirment le rôle prépondérant des racines comme organe de stockage des glucides. Ainsi, l'étude de Rached

Kanouni (2013) montrant que les teneurs en sucres solubles chez le chêne liège sont faibles en conditions favorables ; alors qu'elles sont plus ou moins élevées dans les différents organes des semis transférés aux hautes et basses températures, avec une accumulation relativement plus forte dans les racines. Parmi les causes possibles expliquant cette augmentation qu'elles par la protection des thylakoides de l'altération irréversible des membranes et exercerait une action favorable sur la résistance protoplasmique à la sécheresse (Touaba et Alatou, 2017). Ils permettent également une préservation de l'intégrité membranaire dans les organes desséchés ainsi qu'une protection des protéines (Darbyshire, 1974) ; ou un rôle osmotique empêchant la déshydratation des cellules et le maintien de la balance de la force osmotique pour garder la turgescence et le volume cytosolique aussi élevés que possible (Bouzoubaa *et al.*, 2001).

Les résultats du dosage des protéines dans les organes de *Melia azedarach*, l'*Acacia heterophylla Willd.*, et *Fraxinus angustifolia* sous traitements thermique aux hautes et basses températures montrent une forte accumulation de celles-ci aux niveaux des feuilles par rapport aux autres organes; ces résultats confirment ceux de (Lehout, 2008) sur le pin pignon, Haichour (2009) sur le chêne vert, Rached Kanouni (2013) sur le chêne liège, et (Touaba, 2018) sur le pin pignon. Cette augmentation des teneurs en protéines est due à une accélération de la synthèse des protéines spécifiques associées aux stress thermique telle que les protéines LEA, et les protéines de choc thermique, (Havaux, 1993 ; Boston *et al.*, 1996 ; David et Grongnet, 2001). Ainsi, le changement dans l'expression des protéines est l'un des résultats de la modification du métabolisme lors d'un stress chez les plantes (Jangpromma, 2007). En effet, la membrane des thylakoides est un système relativement liquide, il est très vulnérable aux températures élevées, car celles-ci induisent des changements dans les interactions lipides-protéines ,causant une dénaturation des protéines (Páli *et al.*, 2003 in Oukarroum A, 2007 ), c'est ainsi que, les protéases intracellulaires jouent un rôle important dans la dégradation des protéines endommagées ou inutiles, elles assurent le maintien des structures protéiques et membranaires de la cellule végétale sous stress (Grudkowska et Zagdanska, 2004). Chou *et al.*, (1989) rapportent que les HSPs, dont la taille est dans le voisinage des 15 à 18 kD, ainsi que celles dont la taille est de l'ordre de 70 kD sont associées aux mitochondries isolées des feuilles étiolées de soja où elles semblent assurer la protection de la phosphorylation oxydative couplée à l'absorption de l'oxygène à 42.5°C. Selon Kimpel et Key (1985), les HSPs des plantes, sont classées en deux groupes, sur la base de leur poids moléculaire : les protéines de haut poids moléculaire (HMW), dont le poids est situé dans la tranche des 65 à 110 kD et les protéines à faibles poids moléculaire dont le poids varie de 15 à 27 kD (LMW). L'électrophorèse sur gel de polyacrylamide des protéines solubles, extraites

du feuillage de plantes soumises à un choc thermique, indique la présence des deux groupes de protéines de faible et haut poids moléculaires, quoique chez les plantes ce sont surtout les protéines de faibles poids moléculaires qui sont les plus nombreuses (Mansfield et Key, 1987).

Cependant, les résultats du dosage des protéines chez les semis des *Maclura pomifera*, et *Phytolacca americana*, sous traitement thermique aux hautes et basses températures comprises entre -6°C et 44°C, montrent une accumulation plus fortes au niveau des racines par rapport aux autres organes, Ceci est en désaccord avec les résultats obtenus par (Heller 1989) montrant que les protéines se rencontrent dans toutes les feuilles qui en sont le principal lieu de synthèse et dans les organes de réserves à 1-3% d'azote protéique. En effet, Les plantes soumises à des stress abiotiques développent des réactions défensives. La résultante de ces réactions est l'activation de plusieurs gènes, qui réduisent l'expression de certaines protéines et activent la synthèse d'autres, dites protéines de choc thermique (Ougham et Stoddart, 1986 ; Maimiroli *et al.*, 1986 ; Clarke et Critchley, 1990 ; Vierling, 1991). Ces changements dans l'expression des gènes et des protéines synthétisées suggèrent que les protéines de choc thermique jouent un rôle crucial dans la tolérance du stress thermique et particulièrement dans la protection du photosystème II (Ougham et Stoddart., 1986 ; Komatsu *et al.*, 1999 ; Wang et Luthe., 2003). La capacité des organismes à synthétiser les protéines de choc thermique, en réponse au stress thermique, est un système génétique très conservé chez plusieurs espèces de plantes (Lindquist et Craig., 1988).

Le stress thermique provoque la surproduction des ERO (espèces réactives de l'oxygène), ce sont des substances hautement réactives, entraînent un stress oxydatif et endommagent les protéines, les glucides, les lipides, et même l'ADN (Gill et Tuteja, 2010). Or, les ERO sont produites d'une façon contrôlée en conditions optimales, elles ont des fonctions importantes telles que la biosynthèse des parois cellulaires et la signalisation de Redox (Foyer et Noctor, 2003). Pour faire face aux actions dommageables des ERO, les plantes ont mis au point un système de défense sophistiqué composé d'antioxydants de faible poids moléculaire, tels que le superoxyde dismutases (SOD), la catalase (CAT), et la peroxydase (POD). L'action combinée du système (SOD / CAT / POD) convertit le radical superoxyde ( $O_2^-$ ) potentiellement dangereux et du peroxyde d'hydrogène ( $H_2O_2$ ) en eau et oxygène prévenant ainsi les dommages cellulaires (Leprince *et al.*, 1993 ; Foyer et Noctor, 2003).

Une augmentation significative de l'activité des peroxydases est observée chez l'*Acacia heterophylla* Willd, le *Melia azedarach*, le *Fraxinus angustifolia*, et le *phytolacca americana* sous traitement thermique aux hautes températures. Cependant, le *Maclura pomifera* a connu une diminution de celle-ci après les traitements thermiques par rapport au témoin. Une

augmentation similaire a également été rapportée chez d'autres études sous sécheresse (Badiani et al. 1990, Dwivedi et al. 1979) et d'autres conditions de stress telles que le sel (Siegel, 1993) et l'ozone (Nouchi, 1993). La cause exacte de cette activité accrue n'est pas connue, mais plusieurs explications sont possibles. Des concentrations élevées en  $H_2O_2$  pourraient libérer des peroxydases des structures membranaires, auxquelles il est normalement associé, comme dans le cas de l'ascorbate peroxydase insoluble de chloroplastes d'épinards (Groden et Beck, 1979). Les peroxydases pourraient être synthétisées de nouveau au moins dans certains cas (Siegel et Galston 1966). Le stress pourrait augmenter l'accumulation des peroxydases, tels que le glutathion, l'ascorbate, et les composés phénoliques, qui, à leurs tour, sont des capteurs des espèces réactives de l'oxygène (Elstner 1982, Winston 1990).

Concernant les basses températures une croissance significative de l'activité de la peroxydase en utilisant le gaïacol a été provoquée par les basses températures chez l'*Acacia heterophylla Willd*, et le *Fraxinus angustifolia*. Une augmentation similaire a également été observée dans d'autres études sur le stress dû au froid (De Kok et Oosterhuis, 1983), et à la sécheresse (Zhanget Kirkham, 1994 ; Shinde et Deokule, 2015). L'augmentation de l'activité de la peroxydase est supposée être un trait adaptatif susceptible de contribuer à surmonter les dommages causés au métabolisme tissulaire en réduisant les niveaux toxiques de  $H_2O_2$ , produit pendant le métabolisme cellulaire et en protégeant du stress oxydatif (Sudhakar *et al.*, 2001). Par contre une diminution de cette activité spécifique chez les semis de *Melia azedarach*, *Maclura pomifera*, et le *Phytolacca americana*. Ces résultats sont en désaccord avec celle de (Shinde et Deokule , 2013) montrant l'augmentation de l'activité des catalases et des peroxydases de quatre cultivars de de blé sous stress hydrique.

La catalase est une oxydoréductase située dans les peroxyosomes, elle est considérée comme une enzyme importante pour contrer le peroxyde d'hydrogène ( $H_2O_2$ ) en condition de stress, elle réagit directement avec celui-ci pour former de l'eau et de l'oxygène (Winston, 1990 ; Smirnoff 1993 ; Srivalliet *al*, 2003). En outre une molécule de catalase peut convertir  $\approx 6$  millions molécules de  $H_2O_2$  en  $H_2O$  et  $O_2$  par minute (Gill et Tuteja, 2010). Les mesures obtenues pour les teneurs en activité de la catalase au niveau des feuilles de *Phytolacca americana*, *Maclura pomifera*, *Fraxinus angustifolia* indiquent une diminution proportionnelle à l'augmentation des températures par rapport au témoin, où la plus petite valeur est observée à 44°C. Un déclin similaire de l'activité de la catalase a également été rapporté chez des sujets souffrant des stress abiotiques, tel que le stress thermique chez le Pin pignon (Touaba, 2018), le stress hydrique chez le maïs (Zhang *et al.*, 1990b), et le tournesol

(Quartacci et Navari-Izzo, 1992). La diminution de l'activité catalase pourrait indiquer son inactivation par le peroxyde d'hydrogène accumulé, induit par le stress thermique et pourrait s'expliquer en partie par l'inactivation de la photo enzyme. Sous irradiation, l'inactivation de la catalase se produit en permanence et elle est favorisée par l'absorption de la lumière par le groupe hémique lié à une enzyme (Feierabend et Kemmerich, 1983; Feierabend et Engel, 1986).

Une croissance significative de l'activité des catalases a été observée chez *Melia azedarach*, l'*Acacia heterophylla Willd* sous traitements thermiques aux hautes et basses températures. Les mêmes résultats sont observées chez *Casuarina equisetifolia*, *Acacia retinodes* et *Biota orientalis* sous les mêmes conditions de stress (Rached Kanouni et al., 2013). Cependant une diminution de celle-ci est observée chez les autres espèces sous conditions de hautes et basses températures. Kele et Oncel (2002) ont rapporté que le traitement thermique augmentait les activités des catalases chez les génotypes de (*Triticum aestivum*), mais diminuait chez les génotypes de (*Triticum durum*). Les plantes ayant des niveaux élevés d'antioxydants, constitutifs ou induits, auraient une plus grande résistance à ces dommages oxydatifs (Sudhakar et al., 2001). L'augmentation de l'activité des catalases et des peroxydases est censée être un trait adaptatif susceptible d'aider à surmonter les dommages causés au métabolisme tissulaire en réduisant les niveaux toxiques d'H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> produits pendant le métabolisme cellulaire et en assurant une protection contre le stress oxydatif (Rached Kanouni et al., 2013).



## Conclusion

Ce travail répond à plusieurs objectifs; le premier consiste à créer une base de données, pour mettre en place un système d'information géographique (SIG), en vue de tirer une typologie adéquate aux espaces verts de la ville d'El Khroub et de proposer un mode de gestion différencié qui prend en considération les concepts de connectivité et corridor écologique, le deuxième vise à inventorier et évaluer la viabilité de la diversité des végétaux de la ville, d'intégrer le volet social dans cette évaluation à partir d'une enquête auprès des habitants, des usagers et des travailleurs au sein des services prennent part dans la création et la gestion des espaces verts urbains de la ville, et finalement élucider l'effet du stress thermique par des marqueurs biochimiques (chlorophylle, proline, sucres solubles, protéines, catalase, peroxydase) sur la capacité d'adaptation des jeunes plants du *Acacia heterophylla* Willd, *Fraxinus angustifolia*, *Maclura pomifera*, *Melia azedarach*, et *Phytolacca americana*.

Nos résultats relèvent l'existence de 11 types parmi les 13 proposés par Jancel, le type le prédominant est les accompagnements d'habitations collectives vu le grand territoire occupé par ce modèle de logements pour satisfaire les besoins de la population. L'analyse de l'image de Google Earth de la ville donne l'impression d'un paysage minéral où la verdure est rare, le taux de recouvrement est de 1,58%. Ainsi, on note le déficit des espaces verts dans la ville d'El Khroub avec un ratio de 0,53 m<sup>2</sup>/ha, et une densité totale de l'ordre 1.33 EV/km<sup>2</sup>, elle est considérée comme très faible pour une municipalité comme celle d'El Khroub.

Les résultats inventoriés sur la diversité floristique de la ville d'El Khroub montrent l'existence de 34 espèces appartenant à 18 familles pour la strate arborée, et 19 espèces appartenant à 14 familles pour les strates arbustives et herbacées, leurs états varient entre bon, moyen et mauvais. Les arbres d'alignements et les plantes qui constituent les espaces verts restent tributaires de l'aspect esthétique, ornemental, et ne répondent pas aux caractéristiques écologiques (adaptation), cela est confirmé par les enquêtés. En effet, les opérations de verdissement dispersé, par les services responsables de gestion posent les problèmes de durabilité, les principaux facteurs mis en cause c'est l'absence des spécialistes qui entraîne le mauvais choix d'espèces d'où dépérissement (Peuplier et Faux poivrier). Ainsi, le budget insuffisant consacré pour la création et l'aménagement de ces espaces pour assurer le suivi et l'entretien d'une manière continue, d'autre part le non-respect des citoyens est marqué par le vandalisme de différentes manières (cassure, coupe, feu), l'absence de main-d'œuvre

qualifiée pour les opérations d'entretien surtout la taille des arbres qui est parfois agressive et finalement, l'absence de coordination entre les différents secteurs responsables de la gestion a conduit certains projets à l'échec.

Les résultats de l'application des traitements thermiques aux hautes et basses températures, sur les plants des *Acacia heterophylla Willd*, *Fraxinus angustifolia*, *Maclura pomifera*, *Melia azedarach*, et *Phytolacca americana* montrent que les réponses diffèrent d'une espèce à une autre et dépend de deux facteurs ; l'organe et de l'intensité du stress.

Les résultats du dosage de la teneur en chlorophylle (a et b) en fonction des hautes et des basses températures montrent une diminution de la synthèse de celle-ci par rapport au témoin chez toutes les espèces étudiées, sauf chez l'*Acacia heterophylla Willd* et le *Maclura pomifera* une augmentation importante des teneurs en chlorophylle aux températures 38°C, 42°C tout en restant inférieures à celles enregistrées chez le témoin pendant la température 44°C.

L'accumulation de la proline a été bien marquée au niveau des racines aux températures (-6°C et 44°C) chez tous les espèces, indiquant la capacité de résistance vis-à-vis les contraintes thermiques, les taux d'accroissement les plus élevées sont obtenu chez le *Phytolacca americana* (3613%, 2375,75%).

Les sucres solubles ont aussi connu une variation de leur concentration après le stress thermique (hautes températures et basses températures). En fait, une accumulation importante de celle-ci est observée dans les organes de toutes les espèces étudiées. L'analyse de la variance, révèle des différences significatives entre les organes et les traitements thermiques. Les teneurs en sucres sont généralement plus concentrés dans les feuilles par rapport aux autres organes chez l'*Acacia heterophylla Willd*. Cependant, pour les autres espèces la concentration est plus élevée au niveau des racines.

Les résultats du dosage des protéines dans les organes de *Melia azedarach*, l'*Acacia heterophylla Willd*, et le *Fraxinus angustifolia* sous traitements thermique aux hautes et basses températures montrent une forte accumulation de celles-ci aux niveaux des feuilles par rapport aux autres organes. Contrairement aux *Maclura pomifera* et *Phytolacca americana* où l'accumulation la plus fortes est observée au niveau des racines.

L'évaluation de l'enzyme antioxydante (activités de la catalase et de la peroxydase) mesurée dans des feuilles de différentes espèces (*Acacia heterophylla Willd*, *Fraxinus angustifolia*, *Maclura pomifera*, *Melia azedarach*, et *Phytolacca americana*) a montré des valeurs d'activité spécifique différentes sous stress thermique. Toutes les jeunes plantes ont noté une augmentation des activités des peroxydases lorsque les températures augmentaient,

## Conclusion

sauf le *Maclura pomifera* qui a connu une diminution de celle-ci, L'augmentation des valeurs d'activité antioxydante pourrait en déduire une tolérance / adaptation. Il est apparu que l'*Acacia heterophylla Willd*, le *Melia azedarach*, et le *Fraxinus angustifolia* ont présenté les activités spécifiques les plus élevées sous stress thermique. La présente contribution montre que ces espèces peuvent présenter des propriétés catalytiques intéressantes, ainsi que la résistance thermique.

Afin d'appliquer le principe de la gestion différencié dès conception d'un espace vert, il faut tenir compte de l'ensemble des usages et objectifs assignés au site, la complexité se décline aussi dans le choix des espèces pour favoriser la biodiversité, plusieurs paramètres entre en jeu, de la participation des citoyens jusqu'à l'échelle de l'arbre (adaptation, effet pollinisateurs, valeur paysagère... etc).

## Références bibliographiques

### A

**Ababsa M-L, 2003.** Diagnostic et plantations urbaine dans la ville d'El khroub (Constantine). Mémoire de Fin d'Études d'Ingénieur en Ecologie et Environnement Université Frères Mentouri.

**Aebi H, 1984.** Catalase in vitro. *Methods in Enzymology*, 105: 121-128.

**Aggéri G, 2010.** Inventer les villes-natures de demain: gestion différenciée, gestion durable des espaces verts. Educagri Editions, Dijon.

**Akbari H, 2002.** Shade trees reduce building energy use and CO2 emissions from power plants. *Environmental Pollution*, 116, pp. 119-126.

**Alatou D., Benderradji M-H., Achi D., Megoura H., 2001.** La foresterie urbaine. L'environnement en Algérie, Impacts sur l'écosystème et stratégies de protection, laboratoire d'études et de recherche sur le Maghreb et la Méditerranée. Université Constantine. Pp 135-140.

**Alberti M., Marzluff J., Shulenberger E., Bradley G., Ryan C., Zumbrunnen C., 2003.** Integrating humans into ecology: Opportunities and challenges for studying urban ecosystems, *Bioscience*, 53, 12, 116979.

**Ali Khodja A, 2011.** Espace vert public urbain de l'historicisme à la nomenclature (cas de Constantine). Thèse doctorat de l'Université Frères Mentouri Constantine.

**Alphand A., Baron E., 1885.** L'art des jardins : parcs, jardins, promenades. Editeur Rothschild. Paris.

**Allakhverdiev S-I., Feyziev Y-M., Ahmed A., Hayashi H., Aliev J-A., Klimov V-V., Murata N., Carpentier R., 1996.** Stabilization of oxygen evolution and primary electron transport reactions in photosystem II against heat stress with glycine betaine and sucrose. *J. Photo chem. Photo biol.*, 34: 149-157

**Amann N., Bourgey C., 2008.** L'arbre en milieu urbain: Conception et réalisation de plantation. *Infolio*, 116 p.

**Adéréwa Aronian M-A ., Julien Gaudence D., Toussaint Olou L., Brice Augustin S., 2017.** Typologie Et Répartition Des Espaces Verts Publics Dans Le Grand Nokoué (Sud Bénin). *European Scientific Journal*. ed Vol.13, No.21 ISSN: 1857 – 7881.

**Anonyme, 2015.** Guide technique pour la conception des haies champêtres (utiles en agriculture dans le Cantal). Ed. Conseil départemental du Cantal et du FEADER. P :1- 33.

**Arnou D-I., 1949.** Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. *Plant Physiol.*, 24: 1-15

**Azzouzi A, 2011.** Les espaces verts à Skikda : Propositions d'aménagement de la zone périurbaine du Mouadher en trame vert. Thèse de magister de l'Université Badji Mokhtar – Annaba.

**Audoy M, 2002.** Du jardin public au paysage, la contribution des paysagistes au paysage urbains, Troisièmes Rencontres de Patrimoine -Pont-Audemer.

**Aussenac G, 1973.** Climat, microclimat et production ligneuse. Ann. Sci. Foresi., 30 (3) 239-258.

**Aussenac G, 2000.** Interaction between forest stands and microclimate :écophysiological aspects and consequences for sylviculture, Ann.Sci.For., vol 57, p.287-301.

## **B**

**Bacaicoa M., Kuo Frances E., Sullivan William C., 1998.** Transforming inner-city landscapes: Trees, sense of safety, and preference. Environment and Behavior, Vol 30, n°1, pp.28-59.

**Badache H, 2014.** L'espace public entre conception et usage (cas des jardins publics de Biskra). Thèse de magister de l'Université Mohamed Khider de Biskra.

**Badiani M., De Biasi M-G., Felici M., 1990.**Soluble Peroxidase from Winter Wheat Seedlings with Phenoloxidase-Like Activity. Plant Physiol. 92 : 489-494.

**Baghli Y, 2016.** Arbre urbain et pollinose. Mémoire Master Université des Frère Mentouri Constantine.

**Battais M., Chevallie K., Elli A., Faburel G., Tartière S., 2011.** Les paysages, les milieux écologiques et l'environnement vécu comme outils dialogiques d'analyse et de prospective territoriale pour l'implantation d'équipements structurants. Fonder les sciences du territoire, Collège international des sciences du territoire (CIST), Paris, France. pp.29-35.

**Belkhodja M., Benkabilia M., 2000.** Proline response of faba bean (*Vicia faba* L.) under salt stress. Egypt, J.of Agric.Res, 78(1)185-195.

**Belkhodja M., Bidai Y., 2004.** Réponse de la germination des graines d'*Atriplex halimus* L. sous stress salin. Sécheresse, N°4, vol.15, 331-335.

**Bauchau V., Durham S-R., 2004.** Prevalence and rate of diagnosis of allergic rhinitis in Europe. Eur Respir; 24: 758–764.

**Bauer-Méndez C., Arroyo J., García Ramos C., Menéndez A, Lavilla M., Izquierdo F., Villa Elízaga I., Zamarriego J., 1975.** Effects of standing position on spontaneous uterine contractility and other aspects of labor. Journal of perinatal Medicine-official Journal of the WAPM. V3,issue 2 p 89-100.

**Beauchamp M., Fradette J., Moisan Y., Paquet B., Paulin M., 1995.** SIAQ, Guide d'évaluation des végétaux d'ornement, ed. Société internationale d'arboriculture – Québec Inc.

## Référence bibliographique

- Beudet L., Bodson M., Randrup T-B., 2002.** Tree establishment practice in towns and cities: Results from a European survey. *Urban Forestry & Urban Greening*, 1(2): p. 83-96.
- Bekkouch I., Kouddanea N., Darouia E., Boukroutea A., Berrichi A., 2011.** Inventaire des arbres d'alignement de la ville d'Oujda. *Nature et Technologie*, n° 5, pp : 87 – 91.
- Benbouzid B, 2014.** Les métiers de l'environnement (journée scientifique au centre des carrières) Université Frères Mentouri Constantine.
- Bénétière M-H, 2006.** Jardin, vocabulaire typologique et technique. Paris, Monum, Éditions du Patrimoine, p. 48.
- Benhassin Touam N, 2009.** Les squares de Constantine image et pratique. *Science et Technologie* N°29.
- Benkouachi N., Alatou Dj., 2017.** Le SIG et la gestion des espaces verts de la ville d'El Khroub. *Revue des Science et Technologie*. 45:17-24.
- Bennis E-d, 2006.** L'histoire des jardins en Europe. EGHN (European Garden Heritage Network).
- Benterrouche I, 2007.** Réponses écophysiologicals d'essences forestières urbaines soumises à une fertilisation avec les boues d'épuration. Mémoire de magister en Ecologie et Environnement. Université Frères Mentouri Constantine.
- Beukeboom C-J., Langeveld D., Tanja-Dijkstra K., 2012.** Stress-Reducing Effects of Real and Artificial Nature in a Hospital Waiting Room. *The Journal of Alternative and Complementary Medicine*, 18(4), 329–333.
- Bonnardot A., Boutaud J, 2001.** Le choix des arbres en pépinière. Les rôles de l'arbre en ville, p 12.
- Bory G., Bossuat H., Clair-Maczulajtys D., Hébert G., 2015.** « Les arbres, la neige et le sel », *Arbre actuel* n° 17, Institut pour le développement forestier, Pp : 23-35.
- Boston R-S., Viitanen P-V., Vierling E., 1996.** Molecular chaperones and protein folding in plants. *Plant Mol Biol* 32, 191-222.
- Boullard B, 1989.** Place de la flore dans les oeuvres de Barbey d'Aureville. *In: Études Normandes*, 38e année, n°1, Barbey d'Aureville écrivain normand. pp. 44-58.
- Bourgery C., Mailliet L., 1993.** L'arboriculture urbaine. Institut pour le développement forestier, Mission du paysage, 318p.
- Bouzoubaâa N., Lachemib M., 2001.** Self Compacting Concrete Incorporating High-Volumes of Class F Fly Ash: Preliminary Results. *Cement and Concrete Research*, Vol. 31, No. 3, pp. 413-420.
- Bradford M-M, 1976.** A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein dibinding. *Anal. Biochem.* 199: 91

**Bradshaw H-D., Wilbert J-r., Otto S-M-K-G., Schemske D-W., 1995.** Genetic mapping of floral traits associated with reproductive isolation in monkeyflowers (*Mimulus*). *Nature* 376: 762– 765.

**Bréda N., Granier A., Aussenac G., 2000.** Evolutions possibles des contraintes climatiques et conséquences pour la croissance des arbres. pp.73-79.

**Breton G., Danyluk J., Sarhan F., 2000.** Biotechnological applications of plant freezing associated proteins *Biotechnology Annual Review* 6.

**Breusegem Van F., Vranová E., Dat J-F., Inzé D., 2001.** The role of active oxygen species in plant signal transduction. *Plant Science* 161(3):405-414.

**Brown P-W., Tanner C-B., 1983.** Alfalfa stem and leaf growth during water stress. *Agro. J.* Vol. 75 (5), 799-804.

## C

**Carreiro M-M., Zipperer W-C., 2008.** Urban Forestry and the EcoCity: today and Tomorrow. In: *Ecology, Planning, and Management of Urban Forests: International Perspectives*. Carreiro, M.M. et al. (eds.), Springer, Dordrecht, Pays Bas, 435456.

**CERTU, 2009.** Composer avec la nature en ville, centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement en France, 315 p.

**Chance B., Maehly A-C., 1955.** Assay of Catalase and Peroxidases. *Methods in Enzymology*, 11, 764-775.

**Chen B-A, Ochieng A., Bao Z., 2009.** Assessment of aesthetic quality and multiple functions of urban green space from the users' perspective: The case of Hangzhou Flower Garden, China; *Landscape and Urban Planning*, Volume 93, Issue 1, 30 October Pages 76-82.

**Childs S-W., Flint L-E., 1987.** Effect of shadeboards, shelterwoods, and clearcuts on temperature and moisture environments. *Forest Ecology and Management*, 18 (3): p. 205-217.

**Choisnel E., Jacq V., Guehl J-M0, Aussenac G., 1990.** Simulation de la variabilité de la photosynthèse hivernale du Douglas (*Pseudotsuga menziesii* Mirb) dans les conditions climatiques françaises. *Annales des Sciences forestières*, vol . 47, n° 5, P. 495-508.

**Chollet R., Anderson L-L., 1977.** Conformational changes associated with reversible cold inactivation of ribulose, 1.5-biphosphate carboxylase-oxygénase. *Biochim Biophys Acta* 482:228-240.

**Chunyang L, 2013.** Differences in drought responses of three contrasting *Eucalyptus microtheca* F. Muell. populations. University of Helsinki. Finland. *Forest Ecology and Management*. 379: 377-385.

**Clarke A-K., Critchley C., 1990.** Synthesis of early heat shock proteins in young leaves of barley and sorghum. *Plant physiology*. 94 (2), 567-576.

**Claude L., et François M., 1992.** Les effets métaboliques du froid dans : Les végétaux et le froid. Dir. Par Daniel Come. Ed Herman. Col. Methodes., pp : 27-50.

**Clergeau P, 2007.** Une écologie du paysage urbain. Editions Apogée, Bonchamp-lès-Laval, 136 p.

**Côme d, 1992.** Les végétaux et froid. ED Hermann, 515-563.

**Coronio G., Muret J-P., 1976.** Loisirs : guide pratique des équipements. Centre de recherche et de rencontres d'urbanisme (Paris).

**Cornic G, 2007.** Effet de la température sur la photosynthèse. Unité Ecologie, systématique et évolution. Université Paris Sud , CNRS, Agro-Paris-Tech.

**Cornic G., Ghashghaie J., 1991.** Effects of temperature on net CO<sub>2</sub> assimilation and PSII quantum yield of electron transfert of French bean leaves (*P. Vulgaris* L.) during a drought stress. *Planta*, 185:255-260.

**Choay F., Merlin P., 2010.** Dictionnaire de l'urbanisme et de l'aménagement. Paris : Presses universitaires de France.

**Chou L., Garrels, R-M., Wollast R., 1989.** Comparative study of the kinetics and mechanisms of dissolution of carbonate minerals. In: J. Schott and A.C. Lasaga (Editors), *Kinetic Geochemistry. Chem. Geol.*, 78: 269-282.

**Croze P., Douvre C., Guillard M., Ouanas T., Soignon J., Tissier L., 1999.** Espaces verts et collectivités territoriales, Collection Génie Urbain, Editions du CNFPT, 219 pages.

## D

**Daniel C, 1992.** Les végétaux et le froid. Paris. 559 p.

**Darbyshire B, 1974.** The influence of dehydration on catalase stability. A comparison with freezing effects. *Cryobiology* 11, 148-151.

**Dardour M., Daroui E., Boukroute A., Kouddan N., Berrichi A., 2014.** Inventaire et état sanitaire des arbres d'alignement de la ville de Saïdia (Maroc oriental). *Nature et Technologie Sciences de l'Environnement*, n° 10, pp : 2 – 9.

**David J-C, Grongnet J-F., 2001.** Les protéines de stress. *INRA Prod. Anim* 14 (1):29-40.

**De Kok L-J., Oosterhuis F-A., 1983.** Determination of Cysteine and its Accumulation in Spinach Leaf Tissue upon Exposure to Excess Sulfur. *Journal of Plant Physiology*. Volume 133, Issue 4. Pages 502-505.

**Dellaa Y, 2003.** Utilisation des végétaux dans l'approche écotoxicologique de la pollution atmosphérique de Constantine. Thèse de Magister, Université Frères Mentouri Constantine. 173 p.

**Demirevska-Kepova K., Holzer R., Simova-Stoilova L., Feller U., 2005.** Heat stress effects on ribulose-1, 5-bisphosphate carboxylase/oxygenase, RuBisCo binding protein and RuBisCo activase in wheat leaves. *Biol Plant*. 49, 521–525.



## Référence bibliographique

**De Ronde J-A., Cress W-A., Krüger G-H-J., Strasser R-J. Van Staden J., 2004.** Photosynthetic response of transgenic soybean plants, containing an Arabidopsis P5CR gene, during heat and drought stress. *J. Plant. Physiol.*, 161: 1211-1224.

**De Vilmorin C,1976.** La politique des espaces verts, centre de recherche d'urbanisme, ministère de la culture et de l'environnement, Centre de Recherche d'Urbanisme / Ministère de la culture et de l'environnement, Paris, 439 p.

**Diehl R, 1975.** Agriculture générale. 2ème édition. 392p.

**Donadieu P, 2007,** Le paysage, les paysagistes et le développement durable : quelles perspectives ? , *Économie rurale*,297-298, p. 10-22.

**Dörffling K-M., Abromeit U., Bradersen H., Melz G., 1998.** Involvement of abscisic acid and proline in cold acclimation of winter wheat. In plant cold hardiness. Li and Chen Ed. Pergamon Press, New York, 283-292.

**Drenou C, 1999.** La taille des arbres d'ornement. Edition de l'institut pour le développement forestier.

**Dubé A., Saint-Laurent D., Sénécal G.,2006.** Penser le renouvellement des politiques de conservation de la forêt urbaine à l'ère du réchauffement climatique. Institut national de la recherche scientifique - Urbanisation, Culture et Société. p. 51.

**Dubois M., Gilles K-A., Hamilton J-K., Pebers P-A, Smith F., 1956.** Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Anal. Chem*, 28(3):350-356.

**Ducrey M., Gross P., 1981.** Action des basses températures hivernales sur la photosynthèse du cèdre et du douglas. *Ann.Sci. Forest.*, 38 (3), 317-329.

**Dunnett N., Kingsbury N., 2004.** Planting green roofs and living walls. Timber Press, Portland, Oregon, VS.

**Dwivedi K-K., Prasad M-S., Rao G-N., 1979.** X-ray fluorescence spectroscopy and its application. *Physics News*, 10: 1-8.

## **E**

**Elstner E-F, 1982.** Oxygen Activation and Oxygen Toxicity .*Annual Review of Plant Physiology*. Vol. 33:73-96 . pp 73-96.

**Emberger L, 1942.** Un projet de classification des climats du point de vue phytogéographique.*Bull.Soc.Hist.Nat.Toulouse*.77, pp.97-124.

**Emberger L, 1955.** Une classification biogéographique des climats, *Recueil Trav. Lab. Géol. Zool. Fac. Sci. Montpellier*, pp 3-43.

**Emmanuel L, 2005.** Chaud et froid sur le littoral .Impact du changement climatique sur le patrimoine du conservation du littoral.

## **F**

## Référence bibliographique

**Fadel Dj., Dellal A., Badouna B-E., 2015.**Enjeux et concept des espaces verts dans le développement durable urbain : proposition d'aménagement d'un espaces verts forestier d'une ville du nord-est algérien. Conférence: Symposium International : Société, Agro-Biotechnologie, Environnement et Développement Durable, At Tiaret.

**Fanhua K., Nobukazu N., Haiwei Y., 2005.** Using GIS and landscape metrics in the hedonic price modeling of the amenity value of urban green space: A case study in Jinan City, China. *Landscape and Urban Planning* 240–252. Volume 79, Issues 3–4, Pages 240-252.

**Fanhua K., Nobukazu N., 2005.** Spatial-temporal gradient analysis of urban green spaces in Jinan, China . *Landscape and Urban Planning* 78 :147–1.

**FAO, 2012.** Growing greener cities in Africa. First status report on urban and peri-urban horticulture in Africa, Food and Agriculture Organization of United Nations, p 4.

**Feierabend J., Kemmerich P., 1983.** Mode of interference of chlorosis-induced herbicides with peroxisomal enzyme activities. *Physiol. Plant.* 57, 346-351.

**Feierabend J., Engel S., 1986.** Photoinactivation of catalase in vitro and in leaves. *Arch. Biochem. Biophys.* 251: 567-576.

**Ferhati B, 2007.** Les clôtures symboliques des Algériennes: la virginité ou l'honneur social en question. *Clio, Histoire, Femmes et Sociétés*, 26 :169-180.

**Foyer C-H., Noctor G., 2003.** Redox sensing and signalling associated with reactive oxygen in chloroplasts, peroxisomes and mitochondria. *Physiologia Plantarum.* 119 (3): 355-364.

**Foyer C-H., Vanacker H., Gomez L-D., Harbinson J., 2002.** Regulation of photosynthesis and antioxidant metabolism in maize leaves at optimal and chilling temperatures: review. *Plant Physiology and Biochemistry*, 40: 659-668.

**Francisco J., Timm K., Wagner J-E., 2011.** Urban forests and pollution mitigation: Analyzing ecosystem services and disservices; *Environmental Pollution*, Volume 159, Issues 8-9.

## G

**Galiba G, 1994.** In vitro adaptation for drought and cold hardiness in wheat. *Plant Breeding Reviews*, 12: 115-162.

**Garrec J-P, 2018.** Quel est l'impact des polluants de l'air sur la végétation ?, *Encyclopédie de l'Environnement*, ISSN 2555-0950.

**Gillot G, 2002.** Les jardins publics dans les grandes villes du monde arabe et pratique au Caire, à Rabat et à Damas. Thèse de doctorat. Université François Rabelais. Tours.

**Gill S-S., Tuteja N., 2010.** Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. *Plant Physiol Biochemistry*, 48 (12):909-30.

## Référence bibliographique

**Gleeson D., Lelu-Walter M-A., Parkinson M., 2005.** Overproduction of proline in transgenic hybrid larch (*Larix x leptoeuropaea* (Dengler)) cultures renders them tolerant to cold, salt and frost. *Molecular Breeding*, 15: 21-29.

**Grahn P., Stigsdotter U-A., 2003.** Landscape planning and stress. *Urban Forestry & Urban Greening*, 2: p. 1-18.

**Greenway, H. and Munns, R. (1980).** Mechanism of salt tolerance in nonhalophytes. *Annual Review of Plant Physiology* 31, 149-190

**Groden D., Beck E., 1979.** H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> destruction by ascorbate-dependent systems from chloroplasts. *Biochim Biophys Acta*. 5;546(3):426–435.

**Grudkowska M., Zagdanska B, 2004.** Multifunctional role of plant cysteine proteinases. *Acta biochimica Polonica* 51(3):609-24.

**Guehl JM., de Vitry C., Aussenac G., 1985.** Photosynthèse hivernale du douglas vert (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb) franco) et du cèdre (*Cedrus atlantica* Manetti et *Cedrus libani* Loud). Essai de modélisation à l'échelle du rameau. *Oecol Plant* 6, 125-146.

**Guérin J-C., 1989.** L'arbre, élément de la biomasse végétale urbaine- les arbres a Paris Rev. For. Fr. XLI.n° sp:28-44.

## H

**Haichour R, 2009.** Stress thermique et limite écologique du Chêne vert en Algérie. Mémoire de magistère UMC.

**Haldimann P, 1999.** How do changes in temperature during growth affect leaf pigment composition and photosynthesis in *Zea mays* genotypes differing in sensitivity to low temperature *Journal of Experimental Botany*, 50: 543-550 pp.

**Hallé F, 2011.** Du bon usage des arbres : un plaidoyer à l'attention des élus et des énarques. Acte Sud.

**Håkansson I., Reeder R-C., 1994.** Subsoil compaction by vehicles with high axle load—extent, persistence and crop response. *Soil and Tillage Research* 29, 2–3 :277-304.

**Hamli S, 2015.** Étude de la tolérance du blé dur (*triticum turgidum* L. var. durum) au choc thermique : criblage des plantules et déterminisme génétique de la tolérance. Thèse de Doctorat en Science, p. 40-47.

**Hare P-D., Cress W-A., 1997.** Metabolic implications of stress-induced proline accumulation in plants. *Plant Growth Regul.*, 21: 79-102.

**Hare P-D., Cress W-A., Van Staden J., 1999.** Proline synthesis and degradation: a model system for elucidating stress-related signal transduction. *J. Exp. Bot.*, 50: 413-434.

## Référence bibliographique

**Hasegawa R-A., Bressan J-K., Zhu H., Bohnert J., 2000.** Plant cellular and molecular responses to high salinity, *Annu Rev Plant Physiol, Plant Mol Biol*, 51: 463-499.

**Havaux M, 1993.** Rapid photosynthetic adaptation to heat stress triggered in potato leaves by moderately elevated temperatures. *Plant, Cells & Environnement*. Volume 16, Issue 4. Pages 461-467.

**Heller R., avec la collaboration de Esnault Clance R., 1989.** *Physiologie végétale*. T1. Nutrition.

**Heckscher A., Robinson Phyllis C., 1977.** *Open Spaces: The Life Of American Cities*. Edition Harper & Row. P386.

**Henry A, 2012.** *Aménagement des Eco-quartiers et de la Biodiversité*. Thèse de doctorat Paris Tech.

**Hopkins, 2003.** *Physiologie végétale*. 2eme édition américaine. traduction en français (Serge Rambour). Paris. 514p.

**Hough M, 1989.** *City Form and Natural Process, Towards a New Urban Vernacular*. London/New York, Routledge, p 280.

**Hubert M., Courraud R., 2002.** *Elagage et taille de formation des arbres forestiers*. Edition de l'institut pour le développement forestier.

**Humeau D, 2015.** *Impact de la gestion écologique des surfaces enherbées, au sein d'un éco-quartier, sur la sensibilité de ses habitants aux pollens. Cas de l'écoquartier du Val à Montreuil-Juigné (49)*. Mémoire de Fin d'Études d'Ingénieur de l'Institut Supérieur des Sciences agronomiques, agroalimentaires, horticoles et du paysage en France.

## **J**

**Jancel R., 1997.** *Typologie des espaces verts, La plante dans la ville: Angers*. Institut national de la recherche agronomique (France), Les colloque n° 84, p 69-75.

**Jangpromma N., Kitthaisong S., Daduang S., Thammasirirak S., 2007.** 18 kDa protein accumulation in sugarcane leaves under drought stress conditions. *KMITL Sci. Tech. J.*, 7: 44-54.

**Journal officiel Algérien, 2007.** Loi relative à la gestion, à la protection et au développement des espaces verts. P 6-9.

**Journal officiel Algérien, 2009.** Loi relatif à la nomenclature des *arbres* urbains et des *arbres d'alignement*. P 9-10.

## **K**

**Kando L-F, 2012.** *Evaluation et caractérisation des Calcédrats (Khaya senegalensis (Desr.) A. Juss) d'alignement de la commune de Ouagadougou*. Mémoire d'ingénieur. Université polytechnique Bobo-Dioulasso.

## Référence bibliographique

**Kaplan S, 1992.** The Restorative Environment: Nature and Human Experience, in Relf, D. (ed.), the Role of Horticulture in Human Well-Being and Social Development: A National Symposium. Portland: Timber Press, pp. 134-142.

**Kaplan R., Kaplan S., 1989.** The experience of nature: A psychological perspective. The experience of nature: A psychological perspective. New York, NY US: Cambridge University Press, P 318-333.

**Katerji N., Daudet F-A., Carbonneau A., Ollat N., 1994.** Etude à l'échelle de la plante entière du fonctionnement hydrique et photosynthétique de la vigne. Comparaison des systèmes de conduite traditionnel et en lyre. *Vitis*, 33, 4, 197-203.

**Kele, Y., Oncel, I., 2002.** Response of antioxidative defence system to temperature and water stress combinations in wheat seedlings. *Plant Sci.*, 163, 783-790.

**Kherief Naseraddine S, 2006.** Etude de la variabilité des températures extrêmes et pérennité des arbres urbains dans la région de Constantine. Thèse magister en Ecologie et Environnement. Université Constantine 1.

**Kimpel J-A., Key J-L., 1985.** Heat shock in plants. *Trends in biochemical science*, V10, I 9: 353-357.

**Kimouche I., Djebloune I., 2012.** Diagnostic des espaces verts dans la commune d'El Khoub (Constantine). Mémoire d'ingénieur en Ecologie et environnement, Université Mentouri Constantine.

**Kinzig A-P., Warren P., Martin C., Hope D. Katti M., 2005.** The effects of human socio economic status and cultural characteristics on urban patterns of biodiversity, *Ecol. Soc.*, 10, 1, 113.

**Komatsu S., Muhammad A., Rakwal R., 1999.** Separation and characterization of proteins from green and etiolated shoots of rice (*Oryza sativa* L.): towards a rice proteome. *Electrophoresis.*, 20: 630-636.

**Krid N, 2012.** Renouvellement urbain d'un centre vétuste cas du centre originel d'El khroub. Mémoire de Magister en urbanisme. Université Mentouri Constantine.

**Kristoffersen P., Teichmann T., Stracke R., Palme K., 1996.** Signal Sequence Trap to Clone cDNAs Encoding Secreted or Membrane-Associated Plant Proteins. *Analytical Biochemistry* V 243, (1) : 127-132.

## **L**

**Laala A, 2009.** Comportement des semis de pin d'Alep sous contrainte thermique. Thèse de Magistère, Université des Frères Mentouri Constantine, 105p.

## Référence bibliographique

**Laala A., Rached-Kanouni M., Alatou D., 2013.** Les variations thermiques saisonniers et leurs impacts sur le comportement ecophysiologicals des semis de pin d'alep. European Scientific Journal August, Vol.24 (9):1857-7881.

**Labrecque M., Teodorescu T.I., 2005.** Preliminary evaluation of a living willow (*Salix* spp.) sound barrier along a highway in Quebec, Canada. *Journal of Arboriculture*, 31(2): p. 95-98.

**Lahmar R., Khalfi N., 2005.** L'effet du froid sur l'accumulation sucres solubles, proline et chlorophylles chez les semis de Chêne liège (*Quercus suber* L). Mémoire d'ingénieur en écologie, I.S.N. Univ de Constantine.69p.

**Lamri S, 2012.** Espace vert urbain et périurbain de Sétif : état de lieu et place dans la gestion municipale. Thèse magister .Université Farhat Abbas-Sétif.

**Larcher J-L., Gelgon T., 2012.** Aménagement et maintenance des surfaces végétales. Edition TEC & DOC Paris.

**Larcher J-L., Gelgon T., 2005.** Aménagement des espaces verts urbains et du paysage rural 4<sup>e</sup> Edition TEC & DOC Paris.

**Laurie I-C, 1979.** Nature and Cities, the natural environment in the design and development of urban green space, edit John Wiley and Sons.

**Laurie M, 1986.** An introduction to Landscape Architecture. Elsevier Science Publishing, New York 10017.

**Layachi I, 2012.** Pluies polliniques et les manifestations allergiques dans le Parc National d'EL-KALA. Mémoire de magister. Université Badji Mokhtar Annaba.

**Leborgne N., Teulières C., Travert S., Rols M.P., Teissie J. and Boudet A.M. (1995b).** Introduction of specific carbohydrates into *Eucalyptus gunnii* cells increases their freezing tolerance. *Europ J Biochem*, 229: 710-717.

**Leal I., Misra S., Attree S.M., Fowke L.C., 2003.** Effect of abscissic acid, osmoticum and desiccation on 11S storage protein gene expression in somatic embryos of white spruce. *Plant Sci.*, 106: 121-128.

**Lefèvre A, 1871.** Les parcs et les jardins. Librairie Hachette et Cie. Paris.

**Le Gourierrec S, 2012.** Le paysagiste concepteur face aux contraintes du projet urbain. mémoire d'ingénieur de l'institut supérieur des sciences Agronomique, Agroalimentaire, Horticole et du Paysage d'Angers (France). p 13-24/77.

**Lehout A, 2008.** Limite thermique et adaptation de Pin pignon dans la région de Constantine. Thèse de Magistère. Université des Frères Mentouri, Constantine 1 (Algérie), 56p.

**Legenne C., Pigato L. Mauclair C., 2009.** La desserte en espaces verts, un outil de suivi de la trame verte d'agglomération. IAU îdF 16.

**Llewellyn O, 1982.** Shari'Ah-Values Pertaining to Landscape Planning & Design. Thesis, University of Pennsylvania.

## Référence bibliographique

**Leprince O, Hendry G. A. F. McKersie B. D. 1993.** The mechanisms of desiccation tolerance in developing seeds. *Seed Sci Res* 3: 231-246.

**Lessard G-E., Boulfroy E., 2008.** Les rôles de l'arbre en ville. Centre collégial de transfert de technologie en foresterie de Sainte-Foy (CERFO). Québec, 21 p.

**Le Saint AM, 1966.** Observation physiologique sur le gel et l'endurcissement au gel chez le chou de Milan. Thèses de doctorat à l'université de Paris, 93pp.

**Lindquist S., Craig E-A., 1988.** The heat-shock proteins. *Annu. Rev. Geneti.* 22:631-77.

**Lobell D-B., Asner G-P., 2003.** Climate and Management Contributions to Recent Trends in U.S. *Agricultural Yields. Science*, 299:999-1032.

**Lohr V-I. Pearson-Mims, C-H., 2005.** Children's active and passive interactions with plants influence their attitudes and actions toward trees and gardening as adults. *Hort Technology*, 15(3): p. 472-476.

## M

**MacAdam J-W., Nelson C-J., Sharp R-E., 1992.** Peroxidase activity in the leaf elongation zone of Tall fescue (I), *Plant Physiol.*, 99, 872-878.

**Mac Kinney G, 1941.** Absorption of light by chlorophyll solution. *Biol.Chem.*, 140.315-322.

**Maimiroli N., Terzi V., Ooardi M., Stanca M., Lorenzoni C., 1986.** Protein synthesis during cold shock in barley tissues: comparison of two genotypes with winter and spring growth habit. *Theoretical and Applied Genetics.*, 73: 190–196.

**Manlun Y, 2003.** Suitability Analysis of Urban Green Space System Based on GIS. *Urban Planing and Management*. Edt, ITC, p90-101.

**Mansfield M-A., Key J-L., 1987.** Synthensis of the low molecular weightt heat shock proteins in plants. *Plant physiol.*, 84 :1007-1017.

**Manusset S, 2012.** Impacts psycho-sociaux des espaces verts dans les espaces urbains, *Développement durable et territoires*, Vol. 3, n° 3.

**Marguery P, 1992.** Contribution à l'étude et à l'amélioration de la croissance du fruit chez le pommier (*Malus domestica* Dork. Cv Golden delicious).Thèse de doctorat. Université d'Amiens, 177p.

**Mazher A-M., Azza El Quesni F-E-M., Farahat M-M., 2007.**Responses of ornamental plants and woody trees to salinity. *Wood J. Agri. Sci*, 3(3): 386-395.

**McPherson E-G., Simpson J-R., Peper P-J., Xiao Q., 1999.** Benefit-cost analysis of Modesto's municipal urban forest. *Journal of Arboriculture*, 25(5): p. 235-248.

## Référence bibliographique

**McPherson E-G., 2003.** A benefit-cost analysis of ten street tree species in Modesto, California, U.S. *Journal of Arboriculture*, 29(1): p. 1-8.

**McPherson E-G., Biedenbender S., 1991.** The cost of shade: cost-effectiveness of trees versus bus shelters. *Journal of Arboriculture*, 17(9): p. 233-242.

**Mehdi L., Weber C, Di Pietro F., Selmi W., 2012.** Evolution de la place du végétal dans la ville, de l'espace vert à la trame verte. *La Revue Électronique en Sciences de l'Environnement, VertigO*, 12 (2).

**Meribai S, 2004.** Evolution de la proline et des chlorophylles des semis de Chêne liège (*Quercus suber* L.) soumis à des températures extrêmes. Mémoire d'ingénieur. Université Mentouri Constantine. 64p.

**MICOUD A., 1995.** « Le bien commun des patrimoines », dans *Patrimoine naturel, patrimoine culturel*, Actes du colloque de l'Ecole nationale du patrimoine, La Documentation française, 1995, p. 25-38

**Miller N, 1993.** Expression d'une thermotolérance au niveau de la fonction du photosystème II. Mémoire présenté à l'université du Québec pour la maîtrise en biophysique, 159p.

**Mimoune R., Marouf N., 2018.** Adaptation de *Ficus retusa* à la variabilité thermique dans la région de Constantine. Mémoire Master Université Mentouri Constantine. Pp93.

**Monneveux P., Belhassen E., 1997.** The diversity of drought adaptation in the wide. *Plant Growth Regulation*, 20: 85-92.

**Monneveux P., Nemmar M., 1986.** Contribution à l'étude de la résistance à la sécheresse chez le blé tendre *Triticum aestivum* L. et chez le blé dur *Triticum durum*, Desf. : Étude de l'accumulation de la proline au cours du cycle de développement. *Agronomie*, 583-590.

**Muret J-P., Allain Y-M., Sabrie M-L., 1987.** Les espaces urbains : concevoir, réaliser, gérer. Ed Moniteur, Paris.

## N

**Naeem S., DeFries R., 2009.** La conservation des espèces clé d'une adaptation climatique durable, dans adaptation au changement climatique, *Liaison énergie francophonie*, n° 85.

**Nanjo T., Fujita M., Seki M., Kato T., Tabata S. Shinozaki K., 2003.** Toxicity of free proline revealed in an *Arabidopsis* T-DNA tagged mutant deficient in proline dehydrogenase. *Plant Cell Physiol*, 44: 541-548.

**Nouchi I., 1993.** Changes in antioxidant levels and activities of related enzymes in rice leaves exposed to ozone. *Soil Science and Plant Nutrition*, 39, 309–320.

**Nowak, D-J., McBride, J-R., Beatty R-A., 1990.** Newly planted street tree growth and mortality. *Journal of Arboriculture*, 16(5): p. 124-129.

**Nowak D-J., 1993.** Atmospheric carbon reduction by urban trees. *Journal of Environmental Management*, 37(3): p. 207-217.



**Nowak D-J., 2005.** Strategic Tree Planting as an EPA Encouraged Pollutant Reduction Strategy: How Urban Trees can Obtain Credit in State Implementation Plans. *Sylvan Communities* 23-27p.

## O

**Oliver G., Thibaudon M., 2013.** Végétation en ville : Exposition et impact sanitaire des pollens. La 3e Conférence sur l'entretien des Zones Non Agricoles. ENSAT Toulouse France.

**Osmane R., 2012.** Quantification de quelques marqueurs biochimiques chez l'arbre de Faux poivrier. Mémoire De Master en Ecologie et Environnement. Université Mentouri Constantine.

**Osseni A-A., Sinsin B., Toko Imorou I., 2014.** Analyse des contraintes de viabilité de la végétation urbaine (cas les arbres d'alignement de la ville de Porto-Novo au Benin. *European Scientific Journal*. Edition vol.10, No.32.

**Ougham H-G., Stoddart J-L., 1986.** Synthesis of heat-shock protein and acquisition of thermotolerance in high-temperature tolerant and high-temperature susceptible lines of *Sorghum*. *Plant Science*, 44 (3) :163-167.

**Oukarroum A, 2007.** Vitalité des plantes d'orge ("*Hordeum vulgare*" L.) en conditions de stress hydrique et thermique analysée par la fluorescence chlorophyllienne. Thèse de doctorat ,Université de Genève.

## P

**Pasquet G, 2006.** Le petit gibier: conservation des espèces, aménagement des milieux. Edition Gerfaut.

**Pauleit, S., Jones, N., Garcia-Martin, G., Garcia-Valdecantos, J.L., Riviere, L.M., Vidal-**

**Pauleit S., Jones N., Garcia-Martin G., Garcia-Valdecantos J-L., Riviere L-M., Vidal-Beudet L., Bodson M., Randrup, T-B., 2002.** Tree establishment practice in towns and cities: Results from a European survey. *Urban Forestry & Urban Greening*, 1(2): p. 83-96.

**Papageorgiou G-C. Murata N., 1995.** The unusually strong stabilizing effects of glycinebetaine on the structure and function of the oxygen-evolving photosystem II complex. *Photosynth. Res.*, 44: 243-252.

**Peck S-W., Callaghan C., Kuhn M-E., Bass B., 1999.** Greenbacks from green roofs: forging a new industry in Canada. Status report on benefits, barriers and opportunities for green roof and vertical garden technology diffusion, Canada Mortgage and Housing Corporation: Toronto.

**Pigeat J-P, 2002.** Jardins de la Méditerranée. Flammarion, Paris.

**Pisek A., Larcher W., Unterholzner R., 1967.** Kardinale Temperaturbereiche der Photosynthese und Grenztemperaturen des Lebens der Blätter verschiedener Spermatophyten. *Flora*, Abt. B, Bd. 157, S. 239-264

**Polorigni B., Radji R., Kokou K., 2014.** Perceptions, tendances et préférences en foresterie urbaine : Cas de la ville de Lomé au Togo, Eur. Sci. J., 10, 5, 261277.

## Q

**Quartacci M-F., Navari-Izzo F., 1992.** Water stress and free radical mediated changes in sunflower seedlings, Journal of Plant Physiology, vol. 139 (pg. 621-625).

**Quezel P., 2000.** Les conséquences sur l'évolution et la gestion des zones humides réponses de l'élément végétal (flore et végétation du bassin méditerranéen) à d'éventuelles modification climatiques. Marseille.p2.

## R

**Rached Kanouni M., Alatou D., et Sakr S., 2012.** Effets des hautes températures sur le chêne liège. European Journal of Scientific Research, 74(3): 370-380.

**Rached Kanouni M., 2013.** Adaptation du chêne liège (*Quercus suber* L.) aux conditions extrêmes de température. Thèse de doctorat université Frères Mentouri Constatntine, Algérie.

**Ramade F., 2003.** Dictionnaire encyclopédie de l'écologie et des sciences de l'environnement.

**Ramade F., 1994.** Eléments d'Écologie Fondamentale. Edt Ediscience International. Paris, 579p.

**Rejeb H., Khelifa Bedhioufi S., 2010.** Lectures et Analyses des Paysages Méditerranéens. Université Virtuelle de Tunis, p 17-19.

Rejeb I., Pastor V and Mauch-Mani B., 2014. Plant responses to simultane-ous biotic and abiotic stress: molecular mechanisms. *Plants*, 3, 458–475.

**Rego F-C., 2006.** Les causes du dépérissement des chênes lièges et chênes verts Séminaire « Vitalité des peuplements de chênes lièges et de chênes verts ». Nouvelles des forêts méditerranéennes, 4: 1-12.

**René H., 1977.** Physiologie végétale. NUTRITION. Paris.

**Richardson D-H-S, 1992.** Pollution monitoring with lichens. — Slough. Richmond Publishing: 176.

**Ristic Z., Momčilović I., Fu J., Callegari E., DeRidder B-P., 2007.** Chloroplast protein synthesis elongation factor, EF-Tu, reduces thermal aggregation of rubisco activase. *Journal of Plant Physiology*, V164 (12) :1564-1571.

**Rolf Borchert, 1994.** Water status and development of tropical trees during seasonal drought. *Trees*, V8 (3) : 115–125.

**Rosenn le page, 2011.** Bien tailler tous les arbres et arbustes d'ornement. Edition Rustica Paris.

**S**

**Sahli A, 2008.** El Khroub, la nature et la ville : une culture écologique naissante. Colloque international « Penser la ville – approches comparatives », Khenchela, Algérie. pp.171.

**Saïd Mohamed C,2007.** Art de coordination et de conception des jardins. Institut de recherche d'horticulture Egyptien.

**Sakai A. and Larcher W. (1997).**Frost survival of plants-Responses and Adaptation to Freezing Stress". Ecol. Studies 62, Spring-Verlag (eds), 112-133.

**Savadogo O., Ouattara K., Pare S., Ouedraogo I., Sawadogokabore S., Barron J., Prosper Zombre N.,2016.** Structure, composition spécifique et diversité des ligneux dans deux zones contrastées en zone Sahélienne du Burkina Faso. Vertigo 16 (1).

**Scott K-I., Simpson J-R., McPherson E-G.,1999.** Effects of tree cover on parking lot microclimate and vehicle emissions. Journal of Arboriculture,. 25(3): p. 129-142.

**Seaward M, 1992.** Large-scale air pollution monitoring using lichens. Geo. Journal, 28(4): 403-411.

**Shinde S-S., Deokule S-S., 2015.** Studies on different physiological parameters under Water stress condition in different wheat cultivars. International Journal of Science and Research, 4(5), 640-644.

**Siegel B-Z, 1993.** Plant peroxidases—an organismic perspective. *Plant Growth Regul.* 12: 303-312.

**Siegel B-Z., Galston A-W., 1966.** Biosynthesis of deuterated isoperoxidases in rye plants grown in D<sub>2</sub>O. *Proc. Natl. Acad.Sci. USA* 56: 1040-1042.

**Simonet G., Blanc N., 2012.** L'adaptation de la gestion des espaces naturels urbains aux changements de la variabilité climatique régionale : exemple de Paris et Montréal, *Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement.*

**Sivaramakrishnan S., Pattel V., Flower G., Paleg LG., 1988.** Proline accumulation and nitrate reductase activity in contrasting sorghum lines during mid season drought stress. *Plant Physiol.*,74:418-426.

**Slatyer R-O, 1974.** Effects of water stress on plant morphogenesis. Misc Publ US Dep Agric Econ Res Serv, Vol 1271:3-14.

**Slavicek L-C, 2009.** "New York City's Central Park". Chelsea House, New York, NY 10001.

**Smirnoff N, 1993.**The role of active oxygen in the response of plants to water deficit and desiccation. *New Phytol.*125: 27-58.

**Spertini F, 2003.** Augmentation de la fréquence des allergies: un problème de société. *Plantes, pollen & allergies*, Editeur Jardin botanique de l'Université et de la Ville de Neuchâtel, p 124-131.

**Srivalli, B. G et al, 2003.** Antioxydative defence system in an upland rice cultivar subject to increase intensity of water stress following by recovery. *Physiol. Planta* 119: 503-512.

**Stitt M., Hurry V., 2002.** A plant for all seasons: alterations in photosynthetic carbon metabolism during cold acclimation in *Arabidopsis*. *Current opinion in plant biology*, V 5(3):199-206

**Stewart J, 1987.** L'art des jardins. Continuité, n° 36. , p. 37-40.

**Sudhakar C., Lakshmi A., Giri Darakumar S., 2001.** Changes in the antioxidant enzyme efficiency in two high yielding genotypes of mulberry (*Morus alba* L.) under NaCl salinity. *Plant Sci* 161: 613–619.

**Sung D-Y., Kaplan F., Lee K-J., Guy C-L., 2003.** Acquired tolerance to temperature extremes. *Trends in Plant Science*, 8:179-187.

## T

**Taabni M., Mouley-Driss E., 2012.** Eau et changement climatique au Maghreb : quelles stratégies d'adaptation ?. *Les Cahiers d'Outre-Mer*. 493-518.

**Taha H, 1997.** Urban climates and heat islands: albedo, evapotranspiration, and anthropogenic heat *Energy and Buildings*, 25, Issue 2, p. 99-103.

**Takeuchi T-S., Thornber J-P., 1994.** Heat-Induced Alterations in Thylakoid Membrane Protein Composition in Barley. *Australian Journal of Plant Physiology*, 21(6) 759 – 770.

**Teulières C., Bossinger G., Moran G. Marque C., 2007.** Stress studies in *Eucalyptus*. *Plant Stress* 1: 197-215.

**Teulières C., Marque C. 2009.** Development and functional annotation of an 11,303-EST collection from *Eucalyptus* for studies of cold tolerance. *Tree Genetics & Genomes*, 5: 317-327.

**Thomshow M-F, 1999.** PLANT COLD ACCLIMATION: Freezing Tolerance Genes and Regulatory Mechanisms. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, Vol. 50:571-599.

**Thorez J-P, 2008.** Jardin, Parc, Espaces verts durables, Agence régionale de l'environnement de Haute Normandie) .N°53

**Touaba C, 2018.** Valorisation du Pin pignon (*Pinus pinea* L.) dans la région de Djebel Ouahch Constantine. Thèse de doctorat 3<sup>ème</sup> cycle université des Frères Mentouri Constantine, p. 174-175.

**Touaba C., Alatou D., 2017.** Adaptation des semis de Pin pignon (*Pinus pinea*) au stress combiné hydrique et thermique par des marqueurs biochimiques, *Journal of Applied Biosciences*, 114, 11393 - 11403 p.

**Thripathi A-K., Tripathi S., 1999.** Change in some physiological and biochemical characters in *Albizia lebbek* as bioindicateurs of heavy metal toxicity. *J. Environ. Biol.*, 20 (2): 93-98.

## Référence bibliographique

**Trinchant J-C., Boscari A., Spennato G., Van de Sype G., Le Rudulier D., 2004.** Proline Betaine Accumulation and Metabolism in Alfalfa Plants under NaCl Stress. *Exploring Its Compartmentalization in Nodules Plant Physiology*, Vol. 135: 1583-94 pp.

**Troll W., Lindsley J., 1955.** A photometric method for the determination of proline. *J.Boil.Chem.*215, 655-660 pp.

**Turner T, 2005.** Garden History: Philosophy and Design, 2000 BC-2000 AD". New York, Spon Press, Taylor and Francis Group.

## U

**Uemura M., Steponkus P-L., 1997.** Effect of cold acclimation on the lipid composition of the inner and outer membrane of the chloroplast envelope from rye leaves. *Plant Physiol* 114:1493-1500.

## V

**Vidra R-L., Shear T-H., 2008.** Thinking Locally for Urban Forest Restoration: A Simple Method Links Exotic Species Invasion to Local Landscape Structure, *Restoration Ecology*, 16(2):217-220.

**Vierling E, 1991.** The Roles of Heat Shock Proteins in Plants. *Annual Review of Plant, Physiology and Plant Molecular Biology*, Vol. 42:579-620.

## W

**Wang D., Luthe D-S., 2003.** Heat sensitivity in a bentgrass variant. Failure to accumulate a chloroplast heat shock protein isoform implicated in heat tolerance. *Plant Physiology*, 133(1) :319-327.

**Wang W-X., Vinocur B., Altman A., 2003.** Plant responses to drought, salinity and extreme temperatures: towards genetic engineering for stress tolerance. *Planta*, 218:1-14pp.

**Williams L-E, 1996.** Grape. *In: E. a. S. Zamski, A (ed.) Photoassimilate Distribution in lants and Crops.* Marcel Dekker, Inc., New York.

**Winston G-W, 1990.** Physiochemical basis for free radical formation in cells: production and defenses. In *Stress Responses in Plants: Adaptation and Acclimation Mechanisms*. Edited by Alscher, R.G. and Cumming, J.R. pp. 57-86. Wiley-Liss, Inc., New York.

**Winter H., Huber S-C., 2000.** Regulation of Sucrose Metabolism in Higher Plants: Localization and regulation of Activity of Key Enzymes, *Critical Reviews in Plant Sciences* 19(1):31-67.

## Y

**Yaël H., Bonnardot A., 1996.** Transplanter de gros arbres, *Arbre Actuel* n°21-22.

**Yaël H, 1997.** Les arbres d'alignements urbains. Un enjeu pour des partenaires multiples . In: *Les Annales de la recherche urbaine*, N°74. *Natures en villes*. pp. 113-118;

**Yaël H., Bonnardot A., 2012.** « L'impact du sel sur les arbres ». 25e Arbo Rencontre de Seine-et-Marne « L'arbre en conditions hivernales », CAUE 77, juin

**Yash P., Abrol., 2004.** Les effets de la hausse des températures diurnes et nocturnes sur la croissance et les rendements de certaines plantes cultivées. New delhi. India.1-18p.

**Z**

**Zapata C, 1998.** Suivi pluriannuel de la mise en place et de la mobilisation des réserves carbonées et azoté chez 2 cépages de vigne présentant une sensibilité à la coulure. Institut National Agronomique Paris-Grignon. 69-77 pp.

**Zhang J., Kirkham M-B., 1994.**Drought-stress-induced changed in activities of superoxide dismutase, catalase, and peroxidase in wheat species. Plant Cell Physiology, 35, 785-791.

**Annexe 1 : Typologie des espaces verts**

**1. Typologie proposé par Coronio et Muret, 1976**

Cette typologie est basée sur la localisation des espaces vert, ainsi les espaces verts sont classées en deux grandes catégories ; les espaces verts urbains et les espaces verts suburbains :

\* **Les espaces verts urbains** : cette catégorie englobe les espaces verts privé et publique, on en distingue ; les jardins, les espaces verts publics spécialisés et non spécialisés. privés et les jardins publics. Selon leur utilité, on distingue divers types de jardins :

\***Le jardin verger** composé par les arbres fruitiers

\***Le jardin potager**, lieu de production de légumes

\***Le jardin d'agrément**, composé par des allées pour les promenades, des bassins pour bagnards estivales, les pelouses et les pergolas.

\***Les espaces verts publics spécialisés** : ce type d'espaces verts englobe les parcs d'attractions (privé et public, zoo, cimetière urbains, équipements scolaires, équipements sportifs polyvalents et les jardins botaniques).

\***Les espaces verts publics non spécialisés** on retrouve dans cette catégorie, les espaces verts linéaires (boulevards, et avenues plantées, cheminement piétonniers, squares, places publiques, esplanades, jardins de quartiers, espaces de jeux pour enfants, etc.).

\***Les espaces verts suburbains** : la vocation principale de ce type d'espaces verts est de créer des transitions entre la ville et la campagne. Il comprend les espaces verts suburbains privés (forêts privés), les espaces verts suburbains publics aménagés (les bases de plein air et de loisir, et ou non aménagés tel que les forêts et bois.

**2. Typologie proposée par Catherine de Vilmorin**

Catherine de Vilmorin dans son livre « La politique d'espaces verts » (Vilmorin, 1976) donne une autre typologie qui sera à prendre en considération; on peut voir que cette typologie a les défauts de toutes les typologies Puisque, il y a un mélange de termes relevant d'aménagements spécifiques tels que squares, jardins et des termes traduisant la fonction structurante de l'espace, tels que les espaces verts interstitiels, coupures vertes, Et dans son explication, De Vilmorin explique que la forme d'urbanisation adjacente à l'espace a une influence sur celui-ci et peut expliquer son rôle

**\*Milieu urbain :** espaces verts d'accompagnement des constructions, squares, jardins, promenades plantées, espaces végétalisés de jeux et sports, parcs urbains, berges aménagées en zones de détente.

**\*Espaces de liaison ville – campagne :** espaces verts interstitiels des secteurs bâtis, espaces boisés et parcs périurbains, espaces verts d'équilibre (zones naturelles d'équilibre, zones de discontinuité), coupures vertes

**\*Milieu rural :** couronnes forestières, espaces verts paysagers de loisirs et de détente, espaces verts d'accès aux bords de fleuves, lacs, littoral, ensembles naturels.

### **3. Typologie proposée par Muret. J-P Allain. Y-M, Sabrie. M-L. 1987**

D'après (Muret. J-P Allain. Y-M, Sabrie. M-L. 1987), on peut distinguer aussi deux grandes catégories d'espaces verts qui sont :

**\*Les espaces verts sub-urbains :** Ils sont situés aux abords des villes d'une superficie très vaste, ils se divisent en deux types : privé (les forêts privées) et public (bois, forêts, espaces verts aux bords de rivière, de canal, parcs, bases de plein air et de loisirs...etc.)

**\*Les espaces verts urbains :** Ils sont réalisés dans les tissus urbains pour offrir un endroit naturel dans un milieu dense à dominante minérale, ils sont fréquentés par des usagers qui habitent aux alentours. Ils peuvent se diviser en deux types :

**-Privé :** tels que le jardin privé, qui est un espace d'agrément, de surface réduite, relié souvent à un lieu d'habitation ou une maison individuelle

**-Public :** il se présente sur deux formes :

**\*\*Non spécialisés**

**\*\*\*Espaces linéaires :** l'espace vert linéaire en milieu urbain peut avoir plusieurs formes comme par exemple : les avenues bordées de jardins, les arbres d'alignements, mails plantés, les cours d'eau, bord de rivière ou canal, cheminement des piétons.

**Autres formes d'espaces:**

**Squares :** espace vert de dimensions réduites, lieu de promenade et de détente, il peut entourer ou côtoyer un édifice, ou bien couvrir un espace laissé libre par le tracé d'une voie (Gauthiez.B, 2003)

**Jardins de quartier :** Ils offrent un lieu de repos, de détente et de pratique d'activités récréatives. On trouve dans ces jardins la pelouse, le boisement, les aires de jeux, ainsi que quelques équipements légers qui permettent le jeu tranquille ou même certaines pratiques sportives.



**Jardins et plaines de jeux:** ils ont pour but d'offrir à l'enfant à proximité de son domicile, des espaces comportant des terrains spécialisés (coin de jeu) selon son âge et la nature de ses activités, et des installations permettant la pratique de jeux variés, spontanés ou organisés, individuels ou collectifs.

**Parcs avec bâtiments :** Ils ont pour but de construire un lien entre l'habitation et l'espace extérieur, ils ont également plusieurs fonctions: aires de jeux pour les enfants, espaces de rencontres,...

**Parcs urbains :** Ils ont de grandes surfaces, et de tailles variées allant jusqu'à plusieurs centaines d'hectares, ils comportent différentes fonctions liées aux diverses activités de loisir de plein air, sportives, de promenade et de détente.

**Spécialisés:**

**Parcs d'attractions:** Ils proposent des activités diverses destinées à se détendre, s'amuser, divertir le visiteur (jeux, activités pédagogiques, enchantresses et même parfois effrayantes,...etc.).

**Jardins botaniques :** c'est un jardin public d'intérêt scientifique, composé d'espèces indigènes ou étrangères, destinées à l'étude et à la collection (Gauthiez. B, 2003)

Zoos (jardin zoologique) : Jardins public comprenant une collection d'animaux

**Cimetières urbains :** destiné à recevoir des sépultures ou des urnes funéraires.

**Jardins scolaires:** ce sont généralement des surfaces réduites, permettant aux enfants et étudiants de s'initier à l'environnement naturel par la pratique du jardinage.

Équipements sportifs polyvalents : espaces de forme et de superficie variées permettant de pratiquer un ou plusieurs types de sports

**Jardins ouvriers:** Ils sont affectés le plus souvent à la culture potagère pour leur consommation personnelle à l'exclusion de tout usage commercial.

#### **4. Typologie des espaces verts proposé par de l'Association des Ingénieurs des Villes de France en 1995**

Etablie sur la base de la classification de l'Association des Ingénieurs des Villes de France et commentée en termes de caractéristiques influant sur la gestion écologique.

**\*Parcs, jardins et squares** Se distinguent par leur dimension et leur caractère plus ou moins artificialisé (rapportsurface minérale/végétale, densité et nature des équipements, décoration florale,collections horticoles ou botaniques...), conçus pour la détente, le jeu, la promenade ;leur rapport au « naturel » s'inscrit dans l'histoire des jardins (jardin régulier, parc paysager, jardin en mouvement...).

**\*Accompagnement de voies (hors arbre d'alignement) :** Espaces linéaires ou ponctuels : terre-pleins, talus, îlots, ronds-points, jardinières, pieds d'arbres, plateaux enherbés, espaces interstitiels... Selon leurs localisations, ils sont gérés de façon plus ou moins extensive, conçus pour l'accompagnement paysager de la voie, l'embellissement et aujourd'hui la biodiversité...

**\*Accompagnement de bâtiments publics :** Espaces plus ou moins de prestige, ouverts ou non au public (mairie, musée...), souvent sophistiqués (fleurissement) à gestion intensive, qui évoluent plus lentement vers de nouvelles formes plus extensives.

**\*Accompagnement d'habitation :** Espaces accessibles ou non au public, abords, jardins, jardins sur dalle, terrasses, toitures végétalisées de maisons individuelles, résidences, logements sociaux... à vocation de détente, jeu des enfants, protection de l'habitation (vent, soleil...) et de plus en plus de biodiversité (corridors biologiques...).

**\*Accompagnement des établissements industriels et commerciaux :** Abords de centres commerciaux, espaces communs des zones artisanales ou industrielles, espaces privés des entreprises, aires de stationnement... à gestion plus ou moins extensive.

**\*Accompagnement des établissements éducatifs et sociaux :** Espaces d'accompagnement, cours et jardins des groupes scolaires et centres de formation, maisons de quartier, centres aérés, crèches, halte-garderies... sont potentiellement des lieux de sensibilisation à la nature.

**Terrains de sport :** Les surfaces à vocation sportive et leurs abords (sauf surfaces couvertes), stades, abords de centres nautiques... à gestion souvent intensive restent contraints par l'image et l'usage.

**Cimetière :** Espaces plantés et surfaces minérales ; posent le problème de la gestion partagée des surfaces et de la réceptivité des usagers à la modification des pratiques de gestion. Notion récente de « cimetière paysager ».

**Campings et équipements touristiques :** Espaces liés à des structures d'accueil temporaire : terrains de camping, villages vacances, parcs de loisirs et d'attractions, parcs animaliers... la gestion écologique est en relation avec la découverte et le rapport à la nature.

**Jardins familiaux, partagés, pédagogique, communautaire :** Sur terrains privés ou publics, avec gestion associative ou non, s'orientent sur le jardinage biologique.

**Etablissement horticoles et agricoles :** Exploitations, pépinières, production de plantes et semences... fournisseurs des espaces verts écologiques ; ils évoluent vers des modes de production plus durables (réduction des intrants...).

**Espaces naturels aménagés :** Espaces à gestion extensive, à vocation conservatoire de milieux naturels et accueil des usagers respectueux des milieux : forêts, milieux humides, prairies, plans d'eau, dunes... Ils sont gérés par les départements, les conservatoires de sites, mais aussi les communes et communautés de communes. Ils constituent un pivot de la gestion écologique des espaces, avec de riches expériences.

**Alignements d'arbres :** Ce sont les arbres situés le long des voies ou formant des rideaux linéaires. Ils sont comptabilisés à l'unité. Leur gestion a beaucoup évolué avec le souci du respect de l'arbre (taille raisonnée) et une meilleure connaissance de sa biologie (cicatrisation, résistance mécanique, systèmes racinaires...). Ce sont les axes de communication urbains et ruraux, les haies champêtres, les systèmes agro-forestiers et les ripisylves.

### **5. Typologie des espaces verts proposé par JANCEL, R en 1997**

Dans son livre la plante dans la ville, Jancel, R a élaboré une typologie des espaces verts basée sur la fonction comme suit :

**Parc, jardin et squares :** lieu de séjour à caractère horticole, la présence d'une clôture ne constituant pas un élément déterminant de classement dans cette catégorie.

**Accompagnement de voies** (voiries et autres types de voies de communication fluviale,...) exemple : ilots directionnels, ronds-points, bande axiales et latérale, jardinières.

**Accompagnement de bâtiments publics** (qu'il y ait ou non accès du public) : espaces ayant pour fonction majoritaire l'accompagnement des bâtiments. Ex : mairie, caserne, musée etc.

**Accompagnement d'habitation :** ex : habitation à loyer modéré (HML municipaux, lotissements, ZAC résidences, pour personnes âgées.

**Accompagnement des établissements industriel et commerciaux :** abords centre commerciale, zone artisanales, zone industrielles.

**Espaces verts des établissements sociaux ou éducatifs :** ex : enseignement, maisons de quartier, foyers d'anciens, maison de jeunes, fermes d'éveil y compris terres agricoles, crèche, haltes gerderies.

**Sports :** rentrent dans cette catégorie les surfaces à destination des clubs sportifs et leurs espaces verts d'accompagnement ( à l'extérieurs des surfaces couvertes) .

**Cimetières :** a) seules les surfaces réellement gérées par le S.E.V sont prise en compte, b) surface cadastrale.

**Camping** :espaces comprenant des structures d'hébergement à caractère temporaire. entrent dans cette catégorie les terrains de camping-caravaning , les aires d'accueil aménagées, les villages vacances etc.

**Jardins familiaux** : ensembles des jardins familiaux de la collectivité gérées par le S.E.V , surface cadastrale de l'ensemble des jardins familiaux ( municipaux, cheminots, autre...), surface des espaces communs entretenus par le S.E.V. surface des parcelles entretenus par les locataires.

**Etablissement horticoles** : Etablissement de production végétales à vocation public (surface de production couverte ou non et abords).

**Espaces naturels aménagés** : surface naturelle dont le mode d'entretien est plus ou moins sommaire : foret, prairies, garigues, landes, plan d'eau cadastrés.

**Arbres d'alignement** (les arbres sont comptabilisés à l'unité) : sur sol minérale de voirie publique, seuls, groupés, alignés ou non, sur sol végétalisé tous les arbres alignés structurant la voie publique.

## **6. Typologie des espaces verts proposé par Fanhua Kong et Nobukazu Nakagoshi, 2005**

Cette typologie est basé sur ; la fonction, l'utilisation et la possession (privé ou publique).

**Parc publique** : ouvert au publique pour l'éducation, le plaisir et la récréation, constitué d'une végétation naturelle et des reboisements.

**Espace vert d'esplanade** ; ouvert au publique, pour la récréation constitué principalement des petits arbustes, et peu d'arbre, de très faible biodiversité.

**Pépinière** : consacré pour la production et la multiplication des plantes pour la verdure de la ville.

**Zone tampon verte** : des corridors linéaire crée pour protégé les zone de haute tension, en diminuant la pollution par la végétation.

**Espace verts d'accompagnement** : espace d'accompagnement des établissements industriel, commercial, les services publics etc.

**Espace vert résidentiel** : attaché aux airs résidentiels, maintenu et entretenu par les résidents de ses quartiers, dans cette catégorie on trouve aussi les espaces vert communale, en excluant (les parcs publics et les espace verts d'esplanade).

**Espace vert au bord des routes** : des corridors linéaires, au bord des routes.

**Espace vert riverain** : des corridors linéaire, constitué des bassins d'eau, et des habitats naturel comprend des plantes diversifier.

**Paysage forestiers** : ouvert aux publiques serves à préserver la faune et la flore (un mosaïque d'habitat naturelle).

## 7. Typologie des espaces verts en Algérie d'après la loi 2007

La loi Algérienne du 7 octobre 2007 relative à la gestion, à la protection et au développement des espaces verts a définit l'espace vert urbain comme : les zones ou portion de zones urbaines non construites et recouvertes totalement ou partiellement de végétation, situées à l'intérieur de zones urbaines, En effet, la loi a identifié les catégories des espaces verts et oblige à leur classement, on en distingue :

**Les parcs urbains et périurbains** : espaces verts délimités et, éventuellement clôturés constituent un espace de détente et de loisirs, et peuvent comporter des équipements de repos, de jeux et/ou de distractions, de sports et de restauration. Ils peuvent également comporter des plans d'eau, des circuits de promenade et des pistes cyclables.

**Les jardins publics**, lieux de repos ou de halte dans des zones urbaines comportent des massifs fleuris ou des arbres, ainsi que les squares plantés, et les places et placettes publiques arborées.

**Les jardins spécialisés** : comprennent les jardins botaniques et les jardins ornementaux

**Jardin botanique** : Institution qui rassemble des collections documentées de végétaux vivants à des fins de recherche scientifique, de conservation, d'exposition et d'enseignement.

**Jardin ornemental** : Espace aménagé où l'échantillon végétal ornemental prédomine.

**Les jardins collectifs** et /ou résidentiels et les jardins particuliers.

**Jardin collectif** : Représente l'ensemble des jardins de quartier, les jardins des hôpitaux, les jardins d'unités industrielles et les jardins d'hôtels.

**Jardin résidentiel** : Jardin aménagé pour le délasserment et l'esthétique, rattaché à un ensemble résidentiel.

**Jardin particulier** : Jardin rattaché à une habitation individuelle.

**Les forêts urbaines** comportent les bosquets, les groupes d'arbres, ainsi que toute zone urbaine boisée y compris les ceintures vertes.

**Les alignements boisés** comprennent toutes les formations arborées situées le long des routes, autoroutes et autres voies de communication en leurs parties comprises dans les zones urbaines et périurbaines.

**Annexe 2 : Enquête questionnaire**

République Algérienne Démocratique et populaire  
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique  
Université des frères Mentouri Constantine  
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie  
Département de Biologie et Ecologie Végétale

**Questionnaire sur la relation (espaces verts\* citoyens Khroubis )**

**1. Age et sexe**

Adolescents		Adultes		Vieux	
Féminin	Masculin	Féminin	Masculin	Féminin	Masculin

2. Que représente pour vous un espace vert ?

Square  Arbre d'alignement  Jardin public  Forêt  Tout

3. Fréquentez-vous les espaces verts ?

Oui  Non

4. Si oui, quels sont les espaces verts que vous fréquentez.

La pinède  Jardin 1600  Jardin centre-ville  La forêt périurbaine

5. Si non Pourquoi

L'éloignement  L'insécurité  L'incivilité  Manque de moyen de locomotion

Le manque de temps  Les espaces verts existants ne plaisent pas

6. Vous fréquentez les espaces verts ?

Quotidiennement  week-end  pendant les vacances

7. Les bienfaits de l'arbre ?

Donner de l'ombre  Diminuer la poussière  Lutter contre la pollution

Juste un effet décoratif

8. Pensez-vous que les espaces verts soient bénéfiques pour la santé, le bien être, et côté psychique ?

Oui  Non

9. Quelle est l'état des espaces verts dans votre ville ?

Bon  Mauvais  Moyen

10. Le responsable de la réussite de la conception d'un projet d'espace vert ?

L'APC  La wilaya  Les entreprises spécialisées de l'aménagement des espaces verts

Le bureau d'urbanisme  La population

11. Lors de la création d'un nouvel espace vert, vous souhaiteriez?

Un square de proximité  Jardin public  Arbres d'alignements

Un parc laissé à l'état naturel (sans aménagement)  Un parc naturel avec des équipements

12. Avez-vous participé à la conception, ou l'entretien d'un espace vert ?

Oui  Non

13. Que pensez-vous des nouveaux espaces verts conçus ?

Beau  normal  mauvais  pas de créativité

14. Que pensez-vous au choix des arbres plantés ?

Bien placé  Pas bien placé  Bien adapté  Pas adapté

Pas ornementale  Ornementale

15. Quels sont les critères à prendre en compte dans le choix des végétaux dès la conception d'un espace vert ?

Le côté esthétique  L'adaptation au climat  L'adaptation au sol

16. Quelles sont les espèces d'arbres que vous connaissez ?

Melia  Palmier  Acacia  Eucalyptus

Troène  Platane  Frêne  Pin

Peuplier  Mûrier  Caroubier  Pistachier

17. Prêférez-vous les anciens espaces verts ou les nouveaux ?

Ancien  Nouveau

Pourquoi

18. Préférez-vous les styles des espaces verts ?

Régulier (avec une végétation taillée)  Naturel (en désordre)

Mélange des deux styles

19. Quels sont les risques qui menacent les espaces verts ?

Vandalisme  Pollution  Climat  Autre

20. Faut-il pénaliser les actes de vandalisme ou de destruction par ?

Avertissement  Amende  Autre

21. Réagissez-vous en voyant quelqu'un nuire à un arbre ou un équipement dans un espace vert ?

Oui  Non

22. Que pensez-vous de l'état sanitaire des arbres d'alignements ?

Mauvais  Indifférent

23. Que proposez-vous pour diminuer le coût de la réalisation et de l'entretien des espaces verts ?

Participation des citoyens  Utiliser les essences résistantes  Lutter contre le vandalisme  Faire une étude préalable  Création des réseaux d'irrigation

24. Que proposez-vous pour protéger les espaces verts ?

Entretien souvent  Faire participer les enfants et les jeunes dans les opérations de plantation

Sensibiliser la population  Donner des cours d'environnement dans les écoles primaires

Appliquer des pénalisations sévères au vandalisme

25. Êtes-vous prêt à payer une taxe moyenne annuelle pour un environnement vert et sain ?

Oui  Non



26. D'après vous la réalisation d'un espace vert est-elle couteuse ?

Oui  Non

27. Avez-vous une allergie au pollen ?

Oui  Non

<b>Annexe 3 : Loi des espaces verts en Algérie</b>
--

**1. Loi n° 2007-06 du 25 Rabie Ethani 1428 correspondant au 13 mai 2007 relative à la gestion, à la protection et au développement des espaces verts, p. 6.J.O.R.A.N° 31 DU 13-05-2007.**

Chapitre 1 : Du classement des espaces verts

Section 1 : Des conditions et modalités de classement des espaces verts

**Art. 6.** - Le classement des espaces verts est l'acte administratif par lequel l'espace vert concerné, quels que soient sa nature juridique ou son régime de propriété, est déclaré constituer, en vertu des dispositions de la présente loi, un espace vert et est rangé dans une des catégories fixées par les dispositions de l'article 4 ci-dessus.

**Art. 7.** - Le classement des espaces verts comporte deux phases: une phase d'étude de classement et d'inventaire; une phase de classement.

**Art. 8.** - L'étude de classement comporte: la caractérisation physique de l'espace vert; la caractérisation écologique de l'espace vert; le plan général d'aménagement de l'espace vert.

L'étude de classement doit faire ressortir notamment:

- l'importance de l'espace vert concerné pour la qualité du cadre de vie urbain;
- l'usage de l'espace concerné en cas de risque majeur;
- la fréquentation de l'espace vert concerné avec, pour corollaire, les mesures et moyens de sa sécurisation et de son entretien;

- la valeur particulière des composantes des espaces verts concernés et notamment ceux dont la protection est nécessaire;

- l'évaluation du risque de dégradation naturelle ou artificielle auquel les composantes de l'espace vert sont exposées.

**Art. 9.** - L'étude de classement doit également comprendre un inventaire exhaustif de l'ensemble de la végétation de l'espace vert concerné qui fait ressortir:

- les variétés végétales existantes dans l'espace vert concerné;

- la cartographie de l'espace vert faisant ressortir les variétés végétales qui y sont implantées;

- la cartographie de l'espace vert faisant ressortir les allées et voies de circulation éventuelles, ainsi que les réseaux d'approvisionnement en eau d'arrosage et, le cas échéant, les bassins ou plans d'eau existants.

**Art. 10.** - Il est institué une commission interministérielle des espaces verts chargée d'examiner les dossiers de classement des espaces verts, d'émettre un avis sur le classement proposé et de transmettre aux autorités concernées les projets de classement relevant de leur autorité.

Les modalités d'organisation et de fonctionnement de cette commission sont fixées par voie réglementaire.

**Art. 11.** - Le classement des espaces verts est prononcé:

Pour les parcs urbains et périurbains: par arrêté du wali sauf pour les parcs d'envergure nationale pour lesquels le classement est prononcé par arrêté conjoint des ministres chargés respectivement de l'intérieur, de l'environnement et de l'agriculture. Dans ce cas et conformément aux dispositions de l'article 24 ci-dessous, l'arrêté de classement précise l'autorité chargée de la gestion du parc concerné.

Pour les jardins publics: par arrêté du président de l'assemblée populaire communale, et par arrêté du wali pour les jardins publics situés dans la ville chef-lieu de wilaya.

Pour les jardins spécialisés: par l'autorité ayant créé les jardins spécialisés concernés ou par celle à laquelle est confiée leur gestion.

Pour les jardins collectifs et/ou résidentiels: l'acte de classement est pris par le président de l'assemblée populaire communale concernée, sur la base des études architecturales des

résidences, cités ou de tout ensemble d'habitations collectives ou semi collectives. Pour les jardins particuliers: les mentions et délimitations des espaces verts, telles que fixées expressément par le permis de construire, constituent l'acte de classement des jardins particuliers. Pour les forêts urbaines: par arrêté du ministre chargé des forêts. Pour les alignements boisés et les alignements situés dans des zones non encore urbanisées: par arrêté du ministre chargé des forêts. Pour les alignements situés dans des zones urbanisées: par arrêté du président de l'assemblée populaire communale.

#### **Titre IV : Des dispositions pénales**

**Art. 39.** - Est puni d'un emprisonnement de trois (3) à six (6) mois et d'une amende de vingt mille dinars (20.000 DA) à cinquante mille dinars (50.000 DA) quiconque se rend responsable de la dégradation des espaces verts à et d'arrachage de jeunes plants.

**Art. 40.** - Est punie d'un emprisonnement de six (6) à dix huit (18) mois et d'une amende de cinq cent mille dinars (500.000 DA) à un million de dinars (1.000.000 DA) toute personne qui détruit volontairement tout ou partie d'un espace vert avec intention de s'emparer des lieux et de les affecter à une quelconque autre activité. En cas de récidive, la peine est portée au double.

## **2. Loi n° 09-67 du 11 Safar 1430 correspondant au 7 Février 2009 relative à la gestion, à la nomenclature des arbres urbains et des arbres d'alignement :**

### **1. Les arbustes**

NOMBRE	NOM VERNACULAIRE	NOM SCIENTIFIQUE
1	Acacia de Constantinople	<i>Albizia julibrissin</i>
2	Dragonnier	<i>Dracaena draco</i>
3	Sophora du Japon	<i>Sophora japonica</i>
4	Baniane de Malaisie	<i>Ficus retusa</i>
5	Cytise faux ébénier	<i>Laburnum anagyroides</i>
6	Lilas des Indes	<i>Lagerstroemia indica</i>
7	Laurier rose	<i>Nerium oleander</i>
8	Prunier	<i>Prunus pissardii</i>
9	Arbre de Judée	<i>Cercis siliquastrum</i>
10	Faux-poivrier	<i>Schinus molle</i>
11	Troène du Japon	<i>Ligustrum japonica</i>
12	Olivier de Bohème	<i>Eleagnus angustifolia</i>

2. Les Arbres

1	Aulne glutineux	<i>Alnus glutinosa</i>
2	Catalpa	<i>Catalpa bignonioides</i>
3	Caroubier	<i>Ceratonia siliqua</i>
4	Cyprès toujours vert	<i>Cupressus sempervirens</i>
5	Cyprès de l'Arizona	<i>Cupressus arizonica</i>
6	Cyprès d'Italie	<i>Cupressus italica</i>
7	Eucalyptus	<i>Eucalyptus ficifolia</i>
8	Frêne	<i>Fraxinus excelsior</i>
9	Févier d'Amérique	<i>Gleditschia triacanthos</i>
10	Grevillier	<i>Grevillia robusta</i>
11	Magnolia à grandes fleurs	<i>Magnolia grandiflora</i>
12	Melia	<i>Melia azedarach</i>
13	Mûrier blanc	<i>Morus alba</i>
14	Platane d'occident	<i>Platanus occidentalis</i>
15	Peuplier blanc	<i>Populus alba</i>
16	Peuplier noir	<i>Populus nigra</i>
17	Pin pignon ou parasol	<i>Pinus pinea</i>
18	Robinier faux-acacia	<i>Robinia pseudo-acacia</i>
19	Sauë blanc	<i>Salix alba</i>
20	Jacaranda à feuilles de Mimosa	<i>Jacaranda mimosifolia</i>
21	Tamaris de France	<i>Tamarix gallica</i>
22	Cyprès chauve	<i>Taxodium distichum</i>
23	Tipa	<i>Tipa tipuana</i>
24	Palmier phœnix	<i>Phœnix canariensis</i>
25	Palmier washingtonia	<i>Washingtonia filifera</i>
26	Palmier cocotier	<i>Cocos nucifera</i>
27	Micocoulier	<i>Celtis australis</i>

**Annexe 4 : Les fiches techniques des arbres utilisés**

*1. Acacia heterophylla Willd*

**Nom commun :** Tamarin des Hauts

**Nom scientifique :** *Acacia heterophylla Willd*

**Caractères botaniques et écologique :**

**Hauteur de l'arbre :** 20-25m

**Tronc :** souvent tortueux

**Diamètre :** 150-200cm

**Ecorce :** fissurée longitudinalement

**Feuilles :** persistant, alterne, falquée, contour : entier, nervure : longitudinale

**Fleurs :** Ses petites fleurs de couleur jaune pâle sont réunies en capitules sphériques par 30 à 40 eux-mêmes rassemblés en grappes terminales ouaxillaires. Actinomorphes, elles présentent une corolle à 5 petits pétales difficilement observables à cause des nombreuses et grandes étamines.

**Fruits :** Ses fruits sont des gousses plates, longues d'une dizaine de centimètres, contenant de 5 à 10 graines arrivant à maturité vers mars/avril de l'année suivant la floraison

**Floraison :** juin à novembre

**Pollinisation :** par les abeilles

**Enracinement potentiel :** superficiel

**Tempérament :** L'arbre est planté comme un arbre ornemental le long des routes et est une source de nectar pour abeilles du miel.

**Qualités technologiques et usage du bois :** le bois est utilisé pour la construction, menuiserie, plancher, arts et artisanat, et pour la production de bardeaux. Autrefois il a été utilisé pour la construction de petits bateaux. L'usage sylvicole adéquat peut améliorer forme du tronc et longueur, et donc rendement du bois de construction

**Régénération :** Le semis doit faire l'objet d'une préparation des graines à l'eau chaude ou à l'acide pour éliminer la pellicule imperméable qui les entoure et retarde leur germination.

**Origine :** endémique de l'Ile de la Réunion.

## *2.Fraxinus angustifolia*

**Nom commun :** Frêne à feuilles étroites, Frêne du Midi ou Frêne oxyphylle.

**Nom scientifique :** *Fraxinus angustifolia*

**Caractères botaniques et écologique :**

**Hauteur de l'arbre :** 10-20m

**Ecorce :** d'abord grise lisse, puis plus sombre et craquelée en long et en travers.

**Bourgeons :** brunâtres, allongés

**Feuilles :** caduque, 12-25 cm ; à 5-13 grande folioles, étroites, longuement, acuminées, dentées en scie, glabre.

**Fleurs** : sans calice, ni corolle, hermaphrodites et unisexuées sur le même arbre.

**Fruits** : samares ovale, lancéolées, souvent aigües au sommet.

**Inflorescence** : grappes allongées, 3-7cm ramifiées ; paraissant avant les feuilles.

**Longévité** : grande

**Etage bioclimatique** : sub humide et humide à hivers frais à doux.

**Pluviométrie**: 500mm au minimum.

**Etagement altitudinal** : jusqu'à 1500m.

**Sol** : profond, frais et fertile, calcaire ou argileux, non acide

**Tempérament** : Croissance rapide, assez rustique et peuvent survivre en situation battue pour le vent ou aride mais il se plaise en sol fertile frais et bien drainé à l'abri, très répandus ils sont rarement sujets au ravageurs et maladie.

**Régénération** : Facile par semis ou par rejets des souches

**Qualités technologiques et usage du bois** : Bois : blanc, avec cœur brun, dense, flexible. Utilisation : excellent bois de menuiserie, charronnage, manche d'outils feuillage fourrager, reboisement dans les endroits frais, alignement, fixation des berges d'Oued, surtout dans l'Est de l'Algerie.

### ***3. Maclura pomifera***

**Nom commun** : bois d'arc, Oranger des Osages

**Nom scientifique** : *Maclura pomifera*, *Maclura aurantiaca*

#### **Caractères botaniques et écologiques**

**Hauteur de l'arbre** : 15 m .

**Cime** : arrondie.

**Ecorce** : fissurée brun foncé

**Rameaux** : pourvus d'épines oscillaires à peu près 3cm, sève laiteuse, couleur marron

**Feuilles :** caduc, alterne, à pétiole de 3 à 5cm, limbe entier, ovale, de 3.5cm de long, plus au moins cordiforme, à la base au-dessus du vert brillant.

**Fleurs :** jaune pur paraissent en été.

**Fruits :** gros ridés, vert pâle.

**Floraison :** juillet

**Inflorescence :** Dioïque

**Pollinisation :** entomogame

**Enracinement potentiel :** racine très étalées.

**Conditions climatiques :** région chaude.

**Sol :** elles s'accommodent de type de sol varié

**Tempérament :** pleinement rustique, elle résiste à la sécheresse.

**Régénération :** multiplier par semis en automne ou par bouturage en été ou en fin d'hiver

**Origine :** sud des Etats Unis.

**Qualités technologiques et usage du bois :** -Bois : dur et flexible est utilisé pour la confection des arcs. Utilisation : utiliser feuilles et fruit pour une teinture jaune et ils peuvent nourrir le ver à soie.

#### ***4. Melia azedarach***

**Nom commun :** Lilas des Perse.

#### **Caractères botaniques et écologiques**

**Hauteur de l'arbre :** 9m.

**Ecorce :** lisse

**Feuilles :** caduc, alternes, 2 parfois 3 composées, longues de 25-75cm ; folioles en nombre impair, de 2-5cm, ovales à lancéolées, dentées ou lobées

**Fleurs :** En panicule, à odeur de lilas, d'abord étalés sur près de 2cm de diamètre puis décuvés au centre un tube staminal dressé, bleu pourpre, portant 10 à 12 anthères.

**Fruits** : drupes jaunâtres à noyau très dur. toxique poules humains

**Inflorescence** : Panicules lâches.

**Floraison** : printemps

**Longévité** : croissance rapide

**Conditions climatiques** : Climat Modérément résistant à la sécheresse, sensible au froid.  
Pousse en climat chaud.

**Sol** : médiocre, bien drainé et accepte les sols calcaires.

**Tempérament** : Espèce très plastique ; arbre d'alignement apprécié en climat aride.

**Régénération** : multiplier par semis en automne

**Origine** : couvre toute l'Asie, de l'Irak jusqu'au Japon et vers le sud de l'Australie

**Qualités technologiques et usage du bois** : -Bois : Rouge à brun jaune pâle, tendre.  
Utilisation : Ornement, alignement sur types variés de sols (feuillage non mangé par les sauterelles). A dose médicinale l'écorce de ses racines fut autrefois utilisée contre le scorbut, la dysenterie, les fièvres... ; son bois qui résiste aux attaques des insectes xylophages est utilisé pour fabriquer des instruments de musique ou des meubles

### ***5. Phytolacca americana***

**Nom commun** : raisin d'Amérique.

### **Caractères botaniques et écologiques**

**Hauteur de l'arbuste**: jusqu'à 4m.

**Feuilles** : alternes, grandes, ovales-lancéolées aiguës, entières, atténuées en court pétiole, Penn nervées, sans stipules

**Fleurs** : petit, blanche en été

**Fruits** : blanchâtres ou rosées, en grappes multiflores dressées, pédonculées, opposées aux feuilles, en automne des baies bleu violet, toxique.

**Floraison** : Juin-septembre

**Exposition** : soleil, mi-ombre



**Type de sol :** sol frais, riche en humus, Ph neutre.

**Régénération :** Multiplier par semis au printemps ou en automne

**Origine :** Amérique du Nord (de la côte est des États-Unis).

**Usages :** Feuilles et fruits purgatifs ; haie libre.

**Méthode de multiplication :** semis au printemps

## Résumé

La gestion durable des espaces verts nécessite un vaste ensemble de pratique arboricoles tant au niveau de sa conception (étude paysagère, choix des essences), que de son entretien, elle est pour objet de trouver un équilibre entre le confort paysager, les exigences écologique et les contraintes pratiques et économiques.

Ce travail vise essentiellement à tirer une typologie adéquate aux espaces verts de la ville d'El Khroub à l'aide du logiciel SIG, d'inventorier et évaluer la viabilité de la diversité des ligneux de la ville, et d'intégrer le volet social dans cette évaluation, de proposer un mode de gestion différencié, et finalement d'élucider l'effet du stress thermique par les marqueurs biochimiques (chlorophylle, proline, sucres solubles, protéines, catalase et peroxydase) sur la capacité d'adaptation des jeunes plants du *Acacia heterophylla Willd*, *Fraxinus angustifolia*, *Maclura pomifera*, *Melia azedarach*, et *Phytolacca americana* vis-à-vis les hautes et les basses températures.

Nos résultats relèvent l'existence de 11 types parmi les 13 proposé par Jancel, le type le prédominant est les accompagnements d'habitations collectifs ; on note le déficit des espaces verts dans la ville d'El Khroub avec un ratio de 0,53 m<sup>2</sup>/ha, un taux de recouvrement de 1,58%, et une densité totale de l'ordre 1.33/km<sup>2</sup>. Les résultats inventorié sur la diversité floristique de la ville d'El Khroub montres l'existence de 34 espèces appartiennent à 18 familles pour la strate arborée, et 19 espèces appartiennent 14 à familles pour les strates arbustives et herbacées, leurs états varie entre bon, moyen et mauvais. Les arbres d'alignements et les plantes qui constituent les espaces verts restent tributaires de l'aspect esthétique, ornemental, et ne répond pas aux caractéristiques écologiques (adaptation), cela est confirmé par les enquêtés. En effet, les opérations de verdissement dispersé, par les services responsables de gestion pose les problèmes de durabilité.

Les résultats du dosage de la teneur en chlorophylle (a et b) en fonction des hautes et des basses températures montrent une diminution de la synthèse de celle-ci par rapport au témoin chez toutes les espèces étudiées, sauf chez l'*Acacia heterophylla Willd* et le *Maclura pomifera*. L'accumulation de la proline a été bien marquée au niveau des racines aux températures (-6°C et 44°C) chez tous les espèces indiquant la capacité de résistance vis-à-vis les contraintes thermiques, les taux d'accroissement les plus élevées sont obtenu chez le *Phytolacca americana*. Les teneurs en sucres sont généralement plus concentrés dans les feuilles par rapport aux autres organes chez l'*Acacia heterophylla Willd*. Cependant, pour les autres espèces la concentration est plus élevée au niveau des racines. Les résultats du dosage des protéines dans les organes de *Melia azedarach*, l'*Acacia heterophylla Willd*, et le *Fraxinus angustifolia* montrent une forte accumulation de celles-ci aux niveaux des feuilles par rapport aux autres organe ; contrairement aux *Maclura pomifera* et *Phytolacca americana* où l'accumulation la plus fortes est observée au niveau des racines. Toutes les jeunes plantes ont noté une augmentation des activités peroxydases lorsque les températures augmentaient, sauf le *Maclura pomifera* qui a connu une diminution de celle-ci, L'augmentation des valeurs d'activité antioxydante pourrait en déduire une tolérance / adaptation. Il est apparu que l'*Acacia heterophylla Willd*, le *Melia azedarach*, et le *Fraxinus angustifolia* ont présenté les activités spécifiques les plus élevées sous stress thermique. La présente contribution montre que ces espèces peuvent présenter des propriétés catalytiques intéressantes, ainsi que la résistance thermique.

**Mots clés:** gestion durable, espace vert, diversité floristique, stress thermique, marqueurs biochimique.

## Summary

The sustainable management of green spaces requires a vast set of arboreal practices both in terms of its design (landscape study, choice of species), as its maintenance, it is intended to find a balance between landscape comfort, ecological requirements and practical and economic constraints.

This work aims essentially to draw a typology appropriate to the green spaces of the city of El Khroub with the help of the GIS software, to inventory and evaluate the viability of the diversity of the ligneous of the city, and to integrate the social part in this evaluation, to propose a differentiated management mode, and finally to elucidate the effect of heat stress by biochemical markers (chlorophyll, proline, soluble sugars, proteins, catalase and peroxidase) on the adaptability of seedlings of *Acacia heterophylla* Willd, *Fraxinus angustifolia*, *Maclura pomifera*, *Melia azedarach*, and *Phytolacca americana* vis-à-vis high and low temperatures. Our results reveal the existence of 11 types among the 13 proposed by Jancel, the predominant type is the accompaniments of collective dwellings; we note the deficit of green spaces in the city of El Khroub with a ratio of 0.53 m<sup>2</sup> / ha, a recovery rate of 1.58%, and a total density of about 1.33/ km<sup>2</sup>. The inventoried results on the floral diversity of the city of El Khroub shows the existence of 34 species belonging to 18 families for the tree layer, and 19 species belong to 14 families for the shrub and herbaceous strata, their states varies between good, medium and bad. Alignment trees and plants that constitute green spaces remain dependent on the aesthetic, ornamental, and does not meet the ecological characteristics (adaptation), this is confirmed by the respondents. In fact, the dispersed greening operations, by the responsible management departments, pose problems of sustainability.

The results of the chlorophyll (a and b) content assay as a function of the high and low temperatures show a decrease in the synthesis of chlorophyll in comparison with the control in all the species studied, except for *Acacia heterophylla* Willd and the *Maclura pomifera*. The accumulation of proline was well marked at the roots at temperatures (-6 ° C and 44 ° C) in all species indicating resistance to thermal stresses, growth rates in the higher are obtained from *Phytolacca americana*. Sugar levels are generally more concentrated in the leaves than other organs in *Acacia heterophylla* Willd. However, for the other species the concentration is higher at the root level. Protein assay results in the organs of *Melia azedarach*, *Acacia heterophylla* Willd, and *Fraxinus angustifolia* show a strong accumulation of these at leaf levels relative to other organs; unlike *Maclura pomifera* and *Phytolacca americana* where the highest accumulation is observed at the root level. All young plants noted an increase in peroxidase activity as temperatures increased, except for *Maclura pomifera*, which experienced a decrease in potency. Increasing values of antioxidant activity may suggest tolerance / adaptation. It was found that *Acacia heterophylla* Willd, *Melia azedarach*, and *Fraxinus angustifolia* exhibited the highest specific activities under thermal stress. The present contribution shows that these species can exhibit interesting catalytic properties, as well as thermal resistance.

**Key words:** sustainable management, green space, floristic diversity, heat stress, biochemical markers.

## ملخص

تتطلب الإدارة المستدامة للمساحات الخضراء مجموعة واسعة من الممارسات سواء من حيث تصميمها (دراسة المناظر الطبيعية واختيار الأنواع) أو من حيث صيانتها، فهي تهدف إلى إيجاد نوع من التوازن بين راحة المناظر والمتطلبات البيئية والقيود العملية والاقتصادية.

يهدف هذا العمل أساساً إلى إعطاء نموذج ملائم للمساحات الخضراء لمدينة الخروب بمساعدة برنامج نظم المعلومات الجغرافية، وتقييم حالة التنوع النباتي في المدينة وادماج الجانب الاجتماعي في هذا التقييم واقتراح أسلوب إدارة متباين واخيراً لتوضيح تأثير الإجهاد الحراري على قابلية الشتلات التالية

*Acacia heterophylla Willd* (الأكاسيا) و *Fraxinus angustifolia* (الدردار) و *Maclurapomifera* (الماكليرا) و *Melia azedarach* (الميليا) و (الفيثولاكا) *Phytolacca americana* من خلال (الكلوروفيل ، البرولين ، السكريات الذائبة ، البروتينات ، الكاتلاز والبيروكسيداز) اتجاه درجات الحرارة العالية والمنخفضة.

تكشف نتائجنا عن وجود 11 نوعاً من المساحات الخضراء من بين 13 الذين اقترحهم جونسيل والنوع السائد هو المساحات المرافقة للمساكن الجماعية ؛ نلاحظ العجز في نسبة المساحات الخضراء في مدينة الخروب ( 0.53 متر مربع / هكتار) ، بمعدل تغطية 1.58 % ، وكثافة إجمالية تبلغ حوالي 1.33 / كم<sup>2</sup>. تظهر النتائج المختبرة على تنوع النباتات في مدينة الخروب وجود 34 نوعاً ينتمون إلى 18 عائلة لطبقة الأشجار، و 19 نوعاً ينتمون إلى 14 العائلة الشجيرية والطبقات العشبية ، وتختلف حالتها بين الجيدة والحسنة والسيئة. تتميز الأشجار والنباتات الموجودة في المساحات الخضراء بالبعد عن الجانب الجمالي ، ولا تقي بالخصائص البيئية (التكيف) ، وهذا ما أكده المجيبون من خلال الدراسة الميدانية ، عمليات التشجير المتفرقة من قبل إدارات الإدارة المسؤولة تنقصها الاستمرارية.

تظهر نتائج اختبار محتوى الكلوروفيل (أ و ب) انخفاضاً في تخليق الكلوروفيل في جميع الأنواع المدروسة ماعدا الماكليرا والأكاسيا.

كان تراكم البرولين ملحوظاً في الجذور عند درجات الحرارة (-6 درجة مئوية و 44 درجة مئوية) في جميع الأنواع يشير إلى مقاومة الضغوط الحرارية ، و أعلى معدل نمو تم الحصول عليه لدى الفيتولاكا.

تتركز مستويات السكر بشكل عام في الأوراق أكثر من الأعضاء الأخرى في الأكاسيا ، أما بالنسبة للأنواع الأخرى فهو متركز في الجذور.

نتائج فحص البروتين في أعضاء ميليا أزيداراتش ، أكاسيا والدردار تُظهر تراكمًا قويًا لهذه المستويات على مستوى الأوراق مقارنة بالأعضاء الأخرى، على عكس الماكليرا والفيتولاكا حيث لوحظ أعلى تراكم على مستوى الجذر. نلاحظ زيادة في نشاط البيروكسيداز مع ارتفاع درجة الحرارة لدى جميع الأنواع ماعدا الماكليرا التي شهدت انخفاضاً محسوساً في هذا النشاط. الزيادة في قيم نشاط مضادات الأكسدة يمكن أن يؤدي إلى التسامح / التكيف. وقد وجد أن أكاسيا والميليا والدردارا ظهوراً أعلى الأنشطة المحددة تحت الضغط الحراري. تُظهر المساهمة الحالية أن هذه الأنواع يمكن أن تظهر خواص حفزية مثيرة للاهتمام ، فضلاً عن المقاومة الحرارية.

الكلمات المفتاحية: الإدارة المستدامة ، المساحات الخضراء ، التنوع في النباتات ، الإجهاد الحراري ، العوامل البيوكيميائية