

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université Mohamed Khider Biskra  
Faculté des sciences exactes et des  
Sciences de la nature et de la vie  
Département des sciences agronomiques



## Thèse

*En vue de l'obtention du diplôme de doctorat en sciences option : « Sciences forestières »*

---

### **Etude phytoécologique et dynamique des chênaies du massif forestier du Belezma-Région Est de l'Algérie**

---

*Présenté Par*  
**Daoudi Iman**

Soutenue le : **02/07/2024**

#### **Membres du jury :**

|                      |                                 |                   |  |
|----------------------|---------------------------------|-------------------|--|
| <b>Président</b>     | <i>BOUKHALFA Hassina Hafida</i> | <i>Professeur</i> | <i>Université Mohamed Khider, Biskra</i> |
| <b>Rapporteur</b>    | <i>FARHI Kamilia</i>            | <i>Professeur</i> | <i>Université Mohamed Khider, Biskra</i> |
| <b>Co-rapporteur</b> | <i>SI BACHIR Abdelkrim</i>      | <i>Professeur</i> | <i>Université de Batna 2</i>             |
| <b>Examineur</b>     | <i>KHATER Nadia</i>             | <i>MCA</i>        | <i>Université de Batna 2</i>             |
| <b>Examineur</b>     | <i>BOUDJELIDA Hamid</i>         | <i>Professeur</i> | <i>Université d'Annaba</i>               |

*Année universitaire : 2023 -2024*

## ***REMERCIEMENTS***

Je tiens premièrement à me prosterner remerciant mon Dieu ALLAH le tout puissant de m'avoir donné la force morale et physique pour achever cette thèse.

Tout d'abord, je remercie madame **FARHI Kamilia**, Professeur à l'université de Mohamed Khider -Biskra, pour m'avoir honoré par son encadrement, sa disponibilité indéfectible, ses conseils précieux, ses nobles valeurs humaines pendant les moments difficiles de ma vie de doctorante ainsi que pour la confiance qu'elle m'a témoignée jusqu'à l'aboutissement de ce travail. Avec patience et pédagogie, elle m'a fait découvrir plusieurs facettes de l'activité de chercheur.

J'adresse mes plus vifs remerciements à mon co-directeur de thèse, Monsieur ; **SI BACHIR Abdelkrim** Professeur à l'université Batna 2, pour avoir accepté de diriger cette thèse, pour ses conseils, son support et ses remarques pertinentes pour réaliser ce travail.

Je remercie énormément, madame ; **BOUKHALFA Hassina Hafida** ; Professeur à l'université de Mohamed Khider-Biskra ; pour avoir accepté de présider ce jury.

Je tiens à remercier particulièrement, Madame **KHATER Nadia**, Maitre de conférences A à l'université de Batna 2 d'avoir accepté d'être membre du Jury ; je le remercie infiniment pour sa gentillesse et sa considération.

Mes vifs remerciements vont aussi à Monsieur **BOUDJELIDA Hamid** ; Professeur à l'université D'Annaba pour avoir accepté de juger ce travail.

Je ne saurais oublier de remercier monsieur **Bekdouche F.** professeur à l'université de Batna 2 dans, pour ses précieuses orientations, encouragements et sa disponibilité a tout instant.

Un grand merci à monsieur, **Dehimi M L**, directeur du parc national de Belezma, Monsieur **Bensaci M**, pour leurs aides précieuses lors de la réalisation des sorties. Qu'ils trouvent ici toute ma gratitude et mes remerciements.

Enfin mes remerciements, a tous ceux qui ont participé de loin ou de près a l'élaboration de ce modeste travail.

## **DÉDICACES**

*Je dédie ce travail d'abord, à mes parents que je n'ai jamais eu à exprimer mon amour, qui avec leur amour, leur esprit de sacrifice et leur soutien sans fin, m'avaient toujours guidé et encouragé, et qui ont tout fait pour que je puisse réussir dans ma vie. Merci pour tous et que le bon Dieu, vous garde et vous protège.*

*A mes adorables sœurs, Leila et Romaiissa et mes frères, Moussa et Salah pour le soutien qu'ils m'ont toujours apporté et pour leurs fiertés affichées à chaque fois qu'ils m'ont vu réussir.*

*A mon mari et mes chers enfants « Moiz, Aymen et Yanis » qui ont supporté ces moments difficiles et qui continuent à m'apporter tout le soutien nécessaire.*

*A mes chères copines «Lilia, Nadia, Sarah, Ibtissem, Nabila, Samia» qui ont été toujours présentes et m'ont donné la force de continuer ce travail.*

*A mes amies et mes chères collègues de travail (ENSF) «Kenza, Razika, Yasmine, Maha, Asma » qui ont été toujours présentes durant la préparation de ce travail.*

**Iman**

## Table des Matières

|                                |            |
|--------------------------------|------------|
| <b>REMERCIEMENTS .....</b>     | <b>II</b>  |
| <b>DEDICACES.....</b>          | <b>II</b>  |
| <b>LISTE DES FIGURES .....</b> | <b>VII</b> |
| <b>LISTE DES TABLEAUX.....</b> | <b>X</b>   |

### INTRODUCTION GENERALE

#### CHAPITRE 1 : PRESENTATION DU PARC NATIONAL DU BELEZMA ET STATIONS D'ETUDE

|   |    |
|---|----|
| 1. Présentation du parc national de Belezma .....   | 4  |
| 1.1 Localisation géographique .....   | 4  |
| 1.2 Statut actuel et superficie du parc .....   | 5  |
| 1.3 Zoning .....  | 6  |
| 2. Evaluation du patrimoine, hydrographique, géologique et pédologique du parc national de Belezma..... | 7  |
| 2.1 Hydrographie .....  | 7  |
| 2.3 Pédologie .....   | 8  |
| 3. Patrimoine naturel.....  | 9  |
| 3.1 Flore .....   | 9  |
| 3.2 Faune.....  | 10 |
| 3.3 Les unités écologiques .....  | 10 |
| 4. Unité écologique de la chênaie .....   | 13 |
| 5. Choix et description des stations d'étude .....  | 14 |
| 5.1 Station Ain Kerrouche .....   | 15 |
| 5.2 Station de Boumerzoug.....  | 16 |
| 5.3 Station de Kassrou .....  | 16 |
| 5.4 Station de Belkhez .....  | 17 |
| 5.5 Station d'Om Rkhaa.....   | 18 |
| 5.6 Station de Nafla .....  | 18 |

#### CHAPITRE 2 : CARACTERISATION CLIMATIQUE ET PEDOLOGIQUE DE LA CHENAIE DU BELEZMA

|  |    |
|--|----|
| Introduction.....  | 19 |
| 1. Climat du parc national de Belezma et des stations d'étude..... | 19 |
| 1.1 Températures .....   | 20 |
| 1.1.1 Températures mensuelles.....                                 | 20 |
| 1.1.2 Amplitude thermique .....                                    | 22 |
| 1.2 Précipitations .....   | 22 |
| 1.2.1 Pluviométrie mensuelle.....                                  | 23 |



|   |    |
|---|----|
| 1.2.2 Régime saisonnier des précipitations.....   | 24 |
| 1.3 Synthèse bioclimatique .....  | 25 |
| 1.3.1 Indice d'aridité de MARTONNE (1926).....  | 25 |
| 1.3.2 Diagramme ombrothermique de GAUSSEN et BAGNOULS .....                                   | 26 |
| 1.3.3 Quotient pluviothermique d'EMBERGER.....  | 29 |
| 2. Etude diachronique climatique de la région de Batna .....                                  | 32 |
| 2.1 Températures .....  | 32 |
| 2.1.1 Températures moyennes mensuelles .....  | 32 |
| 2.1.2 Amplitude thermique .....   | 34 |
| 2.2 Précipitations .....  | 34 |
| 2.2.1 Pluviométrie mensuelle.....   | 34 |
| 2.2.2 Régime pluviométrique saisonnier .....  | 35 |
| 2.3 Synthèse bioclimatique .....  | 36 |
| 2.3.1 Indice de Martonne .....  | 36 |
| 2.3.2 Diagrammes ombrothermiques de BAGNOULS et GAUSSEN.....                                  | 36 |
| 2.3.3 Quotient pluviométrique d'Emberger.....   | 37 |
| 3. Approche pédologique.....  | 38 |
| 3.1 Méthodes d'analyses pédologiques .....  | 38 |
| 3.1.1 Analyses physiques.....   | 40 |
| 3.1.2 Analyses chimiques .....  | 41 |
| 3.2 Résultats d'analyses physicochimiques du sol de la zone d'étude .....                     | 42 |
| 3.2.1 Interprétations et discussions .....  | 43 |
| 3.3 Types de sols des chênaies en Algérie et sols au niveau du parc National de Belezma ..... | 45 |
| Conclusion .....  | 46 |

### **CHAPITRE 3 : DIAGNOSTIC PHYTOECOLOGIQUE DES CHENAIES DU BELEZMA**

|   |    |
|---|----|
| Introduction.....   | 48 |
| 1. Méthodologie d'étude .....                             | 48 |
| 1.1 Types biologiques .....                               | 50 |
| 1.2 Types chorologiques .....                             | 51 |
| 1.3 Coefficient d'abondance dominance .....               | 52 |
| 1.4 Fréquence relative des espèces .....                  | 52 |
| 1.5 Indices de diversité .....                            | 53 |
| 1.6 Classification ascendante hiérarchique (CAH).....     | 54 |
| 2. Résultats et discussions.....                          | 54 |
| 2.1 Composition floristique .....                         | 54 |
| 2.2 Répartition des espèces inventoriées par famille..... | 59 |
| 2.3 Répartition par types et spectres biologiques .....   | 61 |
| 2.4 Répartition par types chorologiques .....             | 65 |
| 2.5 Indices de diversité, équitabilité .....              | 68 |
| 2.6 Abondance dominance.....                              | 69 |
| 2.7 Fréquences relatives des espèces inventoriées.....    | 70 |

|  |    |
|--|----|
| 2.8 La classification ascendante hiérarchique..... | 71 |
| 2.8.1 CAH Ain Kerrouche .....                      | 71 |
| 2.8.2 CAH Boumerzoug .....                         | 72 |
| 2.8.3 CAH kassrou.....                             | 73 |
| 2.8.4 CAH Belkhez.....                             | 75 |
| 2.8.5 CAH Om rkhaa .....                           | 76 |
| 2.8.6 CAH Nafla .....                              | 78 |
| Conclusion .....                                   | 79 |

#### **CHAPITRE 4 : CARACTERISATION DENDROMETRIQUE ET PRODUCTIVITE DES CHENAIES DU BELEZMA**

|  |    |
|--|----|
| Introduction.....  | 80 |
| 1. Méthodologie d'étude.....                                 | 80 |
| 1.1 Installation des placettes sur terrain.....              | 80 |
| 1.2 Structure des peuplements à <i>Quercus ilex</i> .....    | 81 |
| 1.3 Paramètres mesurés.....                                  | 82 |
| 1.3.1 Diamètre des arbres .....                              | 82 |
| 1.3.2 Hauteur des arbres .....                               | 84 |
| 1.4 Les paramètres calculés .....                            | 85 |
| 1.4.1 La surface terrière .....                              | 85 |
| 1.4.2 Le volume .....  | 86 |
| 1.4.3 Le tarif de cubage .....                               | 86 |
| 2 .Résultats et discussions.....                             | 87 |
| 2.1 Structure des peuplements à <i>Quercus ilex</i> .....    | 87 |
| 2.2 La structure horizontale et verticale de la chênaie..... | 90 |
| 2.1.1 Structure horizontale.....                             | 90 |
| 2.2.2 Structure verticale .....                              | 90 |
| 2.3 La surface terrière moyenne .....                        | 92 |
| 2.4 Volume calculé par ha .....                              | 92 |
| 2.5 Tarif de cubage .....                                    | 95 |
| Conclusion .....   | 95 |

#### **CHAPITRE 5 : ETUDE DIACHRONIQUE ET DYNAMIQUE DU COUVERT VEGETAL DU BELEZMA**

|   |     |
|---|-----|
| Introduction.....   | 97  |
| 1. Méthodologie d'étude.....  | 97  |
| 1.1 Données utilisées .....   | 97  |
| 1.2 Indices de végétation .....                                     | 98  |
| 1.2.1 NDVI .....  | 98  |
| 1.2.2 EVI.....  | 99  |
| 1.3 Détection du changement .....                                   | 100 |
| 2. Résultats et discussions.....                                    | 100 |
| 2.1 Les indices spectraux .....                                     | 100 |
| 2.2 Dynamique et évolution spatiotemporelle du couvert végétal..... | 102 |

|  |            |
|--|------------|
| 2.2.1 La classe de régression .....                | 106        |
| 2.2.2 La classe stabilité .....                    | 106        |
| 2.2.3 La classe progression faible .....           | 107        |
| 2.2.4 La classe progression moyenne et forte ..... | 107        |
| Conclusion .....                                   | 107        |
| <b>CONCLUSION GENERALE.....</b>                    | <b>109</b> |
| <b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES .....</b>           | <b>113</b> |
| <b>ANNEXES</b>                                     |            |
| <b>RESUME</b>                                      |            |

# *LISTE DES FIGURES*

## **Chapitre 1**

| <b>Figure</b>    | <b>Titre</b>  | <b>Page</b> |
|------------------|---|-------------|
| <b>Figure 1</b>  | Carte de localisation du parc national de Belezma, (source P G du PNB, 2020)          | <b>05</b>   |
| <b>Figure 2</b>  | Carte du zoning du parc national de Belezma, (source P G du PNB, 2020)                | <b>06</b>   |
| <b>Figure 3</b>  | Carte du réseau hydrographique du parc national de Belezma, (source P G du PNB, 2020) | <b>07</b>   |
| <b>Figure 4</b>  | Carte géologique du parc national de Belezma, (source P G du PNB, 2020)               | <b>08</b>   |
| <b>Figure 5</b>  | Carte pédologique du parc national de Belezma, (source P G du PNB, 2020)              | <b>09</b>   |
| <b>Figure 6</b>  | Carte des unités écologiques du parc national de Belezma, (source P G du PNB, 2020)   | <b>13</b>   |
| <b>Figure 7</b>  | Carte de situation des stations d'étude, (Daoudi, 2020).                              | <b>15</b>   |
| <b>Figure 8</b>  | Vue générale de la station d'Ain Kerrouche (Clichet personnel ,2019)                  | <b>16</b>   |
| <b>Figure 9</b>  | Vue générale de la station de Boumerzoug (Clichet personnel ,2019)                    | <b>16</b>   |
| <b>Figure 10</b> | Vue générale de la station de Kassrou (Clichet personnel ,2019)                       | <b>17</b>   |
| <b>Figure 11</b> | Vue générale de la station de Belkhez (Clichet personnel ,2019)                       | <b>17</b>   |
| <b>Figure 12</b> | Vue générale de la station d'Om Rkhaa (Clichet personnel ,2019)                       | <b>18</b>   |
| <b>Figure 13</b> | Vue générale de la station de Nafla (Clichet personnel ,2019)                         | <b>18</b>   |

## **Chapitre 2**

| <b>Figure</b>   | <b>Titre</b>   | <b>Page</b> |
|-----------------|--|-------------|
| <b>Figure 1</b> | Précipitations mensuelles des stations étudiées                          | <b>23</b>   |
| <b>Figure 2</b> | Diagrammes ombrothermiques de BAGNOULS et GAUSSEN des stations étudiées. | <b>28</b>   |
| <b>Figure 3</b> | Aire de projection des stations d'étude dans le climagramme d'EMBERGER.  | <b>31</b>   |
| <b>Figure 4</b> | Températures moyennes mensuelles des deux périodes                       | <b>34</b>   |
| <b>Figure 5</b> | Précipitations mensuelles des deux périodes                              | <b>35</b>   |
| <b>Figure 6</b> | Le régime saisonnier des précipitations des deux périodes.               | <b>36</b>   |
| <b>Figure 7</b> | Diagrammes ombrothermiques de BAGNOULS et GAUSSEN des deux périodes      | <b>36</b>   |
| <b>Figure 8</b> | Prélèvement du sol (Clichet personnel ,2019).                            | <b>39</b>   |
| <b>Figure 9</b> | Triangle textural du sol (DUCHAUFOR, 1977).                              | <b>40</b>   |

### Chapitre 3

| <b>Figure</b>   | <b>Titre</b>   | <b>Page</b> |
|-----------------|--|-------------|
| <b>Figure 1</b> | Réalisation des relevés floristiques, (Clichet personnel ,2019).   | <b>49</b>   |
| <b>Figure 2</b> | Spectre biologique de la flore recensée des stations étudiées  | <b>62</b>   |
| <b>Figure 3</b> | Spectre chorologique de la flore recensée des stations étudiées  | <b>66</b>   |
| <b>Figure 4</b> | Dendrogramme de la classification ascendante hiérarchique appliquée à la distribution des espèces végétales d'Ain Kerrouche. | <b>71</b>   |
| <b>Figure 5</b> | Dendrogramme de la classification ascendante hiérarchique appliquée à la distribution des espèces végétales de Boumerzoug.   | <b>72</b>   |
| <b>Figure 6</b> | Dendrogramme de la classification ascendante hiérarchique appliquée à la distribution des espèces végétales de kassrou.      | <b>73</b>   |
| <b>Figure 7</b> | Dendrogramme de la classification ascendante hiérarchique appliquée à la distribution des espèces végétales de Belkhez.      | <b>75</b>   |
| <b>Figure 8</b> | Dendrogramme de la classification ascendante hiérarchique appliquée à la distribution des espèces végétales d'Om rkhaa.      | <b>76</b>   |
| <b>Figure 9</b> | Dendrogramme de la classification ascendante hiérarchique appliquée à la distribution des espèces végétales de Nafla.        | <b>78</b>   |

### Chapitre 4

| <b>Figure</b>    | <b>Titre</b>  | <b>Page</b> |
|------------------|---|-------------|
| <b>Figure1</b>   | BLUME-LEISS et compas forestier, (Clichet personnel ,2023).                                 | <b>82</b>   |
| <b>Figure 2</b>  | Mesure de diamètre des arbres avec le compas forestier, (Clichet personnel, 2023).          | <b>83</b>   |
| <b>Figure 3</b>  | Les principales catégories des diamètres d'arbres forestiers (LOMBARDINI ,2006)             | <b>84</b>   |
| <b>Figure 4</b>  | Mesure de hauteur des arbres avec BLUME-LEISS, (Clichet personnel, 2023).                   | <b>84</b>   |
| <b>Figure 5</b>  | Répartition des tiges par classes de diamètres dans les six stations étudiées               | <b>88</b>   |
| <b>Figure 6</b>  | Diamètres moyens par stations   | <b>90</b>   |
| <b>Figure 7</b>  | Hauteur moyenne par station   | <b>91</b>   |
| <b>Figure 8</b>  | Hauteur dominante par station   | <b>91</b>   |
| <b>Figure 9</b>  | Surface terrière moyenne par station  | <b>92</b>   |
| <b>Figure 10</b> | Volume calculé par stations étudiées (m <sup>3</sup> /ha)                                   | <b>93</b>   |
| <b>Figure 11</b> | Surpâturage dans le parc national de Belezma, (Clichet personnel, 2019)                     | <b>94</b>   |
| <b>Figure 12</b> | Dégradation du couvert forestier dans le parc national de Belezma,(Clichet personnel, 2019) | <b>94</b>   |
| <b>Figure 13</b> | Traces de Barbecue et bois brûlé, (Clichet personnel ,2019).                                | <b>94</b>   |
| <b>Figure 14</b> | Relation entre volume et diamètres étudiés.   | <b>95</b>   |

## Chapitre 5

| <b>Figure</b>   | <b>Titre</b>   | <b>Page</b> |
|-----------------|--|-------------|
| <b>Figure 1</b> | Carte de l'indice de végétation NDVI pour les massifs de Belezma (1987).               | <b>103</b>  |
| <b>Figure 2</b> | Carte de l'indice de végétation NDVI pour les massifs de Belezma (2020).               | <b>103</b>  |
| <b>Figure 3</b> | Carte des changements du NDVI détectés pour les massifs de Belezma entre 1987 et 2020. | <b>104</b>  |
| <b>Figure 4</b> | Carte de l'indice de végétation EVI pour les massifs de Belezma (1987).                | <b>104</b>  |
| <b>Figure 5</b> | Carte de l'indice de végétation EVI pour les massifs de Belezma (2020).                | <b>105</b>  |
| <b>Figure 6</b> | Carte des changements du EVI détectés pour les massifs de Belezma entre 1987 et 2020.  | <b>105</b>  |

# ***LISTE DES TABLEAUX***

## **Chapitre 1**

| <b>Tableau</b>   | <b>Titre</b>                                       | <b>Page</b> |
|------------------|--|-------------|
| <b>Tableau 1</b> | Les unités écologiques du parc national de Belezma | <b>10</b>   |
| <b>Tableau 2</b> | Unité écologique Chênaie de Belezma                | <b>14</b>   |
| <b>Tableau 3</b> | Caractéristiques générales des stations d'étude    | <b>15</b>   |

## **Chapitre 2**

| <b>Tableau</b>    | <b>Titre</b>  | <b>Page</b> |
|-------------------|---|-------------|
| <b>Tableau 1</b>  | Données thermiques, pluviométriques et quotient pluviothermique pour les stations étudiées pendant la période (1989-2018).  | <b>21</b>   |
| <b>Tableau 2</b>  | Amplitudes thermiques moyennes ( <b>M</b> : amplitude moyenne maximale, <b>m</b> : amplitude moyenne minimale).   | <b>22</b>   |
| <b>Tableau 3</b>  | Régime pluviométrique saisonnier des stations de la région d'étude  | <b>24</b>   |
| <b>Tableau 4</b>  | Valeurs de l'indice d'aridité (GUYOT, 1999).  | <b>26</b>   |
| <b>Tableau 5</b>  | Valeurs de l'indice d'aridité des stations étudiées.  | <b>25</b>   |
| <b>Tableau 6</b>  | Données thermométriques mensuelles moyennes en (°C) et pluviométriques annuelles en (mm) des deux stations d'étude calculées par extrapolation pour la période allant de (1989- 2018.). | <b>30</b>   |
| <b>Tableau 7</b>  | Coordonnées géographiques des stations  | <b>32</b>   |
| <b>Tableau 8</b>  | Données thermiques, pluviométrique et quotient pluviothermique pour la station de Batna pendant les périodes ( <b>1913-1937</b> ), ( <b>1989- 2018</b> )                                | <b>33</b>   |
| <b>Tableau 9</b>  | Amplitudes thermiques moyennes ( <b>M</b> : amplitude moyenne maximale, <b>m</b> : amplitude moyenne minimale).   | <b>34</b>   |
| <b>Tableau 10</b> | Précipitations saisonnières et indicatif saisonnier   | <b>35</b>   |
| <b>Tableau 11</b> | Valeurs Indice de Martonne  | <b>36</b>   |
| <b>Tableau 12</b> | Données thermométriques mensuelles moyennes en (°C) et pluviométriques annuelles en (mm) des deux périodes (1913 -1937) et (1989- 2018).  | <b>37</b>   |
| <b>Tableau 13</b> | Echelle de désignation de la salinité du sol en fonction de la conductivité électrique et de la somme des ions (BAIZE, 1988).   | <b>41</b>   |
| <b>Tableau 14</b> | Résultats d'analyses physicochimiques du sol des stations d'étude   | <b>42</b>   |

### Chapitre 3

| <b>Tableau</b>   | <b>Titre</b>   | <b>Page</b> |
|------------------|--|-------------|
| <b>Tableau 1</b> | Liste systématique, des espèces végétales inventoriées dans les chênaies du PNB  | <b>54</b>   |
| <b>Tableau 2</b> | Répartition de nombre d'espèces par famille  | <b>59</b>   |
| <b>Tableau 3</b> | Indice de perturbation <b>IP (%)</b> des stations étudiées   | <b>64</b>   |
| <b>Tableau 4</b> | Richesse totale ( <b>S</b> ), Indice de diversité de Shannon ( <b>H'</b> ), Indice d'équitabilité ( <b>E</b> ) des espèces recensés dans les six stations d'étude. | <b>68</b>   |
| <b>Tableau 5</b> | Fréquences relatives des espèces végétales recensées dans les stations étudiées. <b>S</b> : Nombre d'espèce, <b>%</b> : Fréquence                                  | <b>70</b>   |

### Chapitre 4

| <b>Tableau</b>   | <b>Titre</b>  | <b>Page</b> |
|------------------|---|-------------|
| <b>Tableau 1</b> | Nombre de brins mesurés par placette                              | <b>81</b>   |
| <b>Tableau 2</b> | Classes de fertilité selon la hauteur dominante (CHANOUNE, 1991). | <b>85</b>   |

### Chapitre 5

| <b>Tableau</b>   | <b>Titre</b>   | <b>Page</b> |
|------------------|--|-------------|
| <b>Tableau 1</b> | Caractéristiques des images satellitaires utilisées                            | <b>98</b>   |
| <b>Tableau 2</b> | Récapitulatif des signatures spectrales multi temporelles du massif de Belezma | <b>101</b>  |
| <b>Tableau 3</b> | La dynamique de la végétation (NDVI ,1987-2020).                               | <b>102</b>  |
| <b>Tableau 4</b> | La dynamique de la végétation (EVI ,1987-2020).                                | <b>102</b>  |



---

---

*INTRODUCTION GÉNÉRALE*

---

---

### **Introduction générale**

Les forêts méditerranéennes constituent un milieu naturel fragile déjà profondément perturbé, et leur conservation ne peut être assurée que si gestionnaires et utilisateurs prennent clairement conscience de leur importance écologique et économique, ce qui n'est malheureusement pas souvent le cas (QUEZEL et BARBERO, 1990).

Si la grande richesse floristique et l'intérêt biogéographique du bassin méditerranéen sont maintenant mis en exergue à l'échelle mondiale (MYERS *et al.*, 2000 ; MEDAIL et MYERS, 2004), la biodiversité végétale de nombreux territoires reste encore méconnue. Le Chêne vert est l'une des espèces les plus représentatives du bassin méditerranéen (GRACIA, 1998). Cette importance provient principalement des caractéristiques de l'espèce, avec une grande adaptation écologique et une bonne résistance aux perturbations (BARBERO *et al.*, 1980). Le Chêne vert joue un rôle majeur dans l'économie et l'écologie de la région méditerranéenne. Son bois est polyvalent, utilisé pour multiples usages (SCARASCIA-MUGNOZZA *et al.*, 2000), manches, pièces de bois tournées, pavements, menuiserie et parquets, en saboterie, charronnage et traverses de chemin de fer, et dans la construction des bateaux (MAURI et MANZANERA, 2005). De plus, c'est un excellent combustible et un très bon charbon. La yeuseraie revêt une importance cruciale dans la préservation et la régénération des sols en milieu méditerranéen, offrant une protection essentielle contre l'érosion éolienne notamment dans sa partie occidentale (M'HIRIT, 1999). En Algérie l'action anthropique liée à l'importante explosion démographique, associée aux changements climatiques de ces dernières décennies et aux mauvaises méthodes de gestion et d'aménagement ont entraîné une régression inquiétante du patrimoine forestier en générale et de la chênaie verte en particulier (DAHMANI, 1997). Le Chêne vert en Algérie a été éliminé, le peuplement est remplacé par une végétation héliophile à matorrals, des chaméphytes adaptées au feu ou par une flore éphémère à base de thérophytes qui ne protègent en aucun cas les sols exposés à l'érosion (DAHMANI, 1997). L'écosystème des chênaies dans la forêt de Belezma, renferme de grande valeur écologique et socio-économique, qui malgré le classement de parc national de Belezma comme réserve de la Biosphère, reste exposé à plusieurs menaces. La Chêne aie de Belezma, couvre environ 14.886 ha soit un taux d'occupation plus de 57% du territoire du parc, (PNB, 2020). Elle est menacée par différents facteurs de dégradations (incendie, surpâturage, changements climatiques, coupes illicites...). Ces différents facteurs influent directement sur la répartition du couvert végétal de cette zone, qui

## ***Introduction générale***

---

devient très complexe. La dégradation a atteint un stade plus critique avec le remplacement des espèces dominantes par des espèces secondaires, on parle souvent de dégradation des groupements forestiers et pré-forestiers, comme dans le cas des massifs de Boumerzoug par l'absence total du Cèdre de l'Atlas et son remplacement par le Chêne vert (DAOUDI,2017). En ce qui concerne la régression de la chênaie, ANONYME (2001), évoque que la pression exercée sur la chênaie du parc national du Belezma pour des besoins domestiques et pour le troupeau la fait glisser en formation de plus en plus claire avec tendance à évoluer vers des steppiques .En outre, il faut noter que la structure des peuplements forestiers de cette chênaie est mal connue, peu d'inventaires phytoécologiques et dendrométriques qui ont été réalisés dans cette zone.

La région d'étude est caractérisée par une diversité floristique liée à la conjugaison des facteurs écologiques qui sont aussi très variés. Il faut noter que peu d'études ont été effectuées sur les formations végétales du parc et notamment l'écosystème des chênaies,(ABDESSEMED, 1981; BONTOUATI et BARITEAU ,2006; BENTOUATI,2008; YAHY *et al.*, 2008 ; CHAIRA et AIT MEDJBER, 2010; KHENTOUCHE 2011; KHERCHOUCHE *et al.*,2013 ;BOUKERKER 2016 ;DAOUDI 2017).

Afin de mieux connaître cette région d'étude nous avons réalisé ce travail; dont l'objectif principal est de dégager une idée aussi exhaustive que possible sur cette diversité phytoécologique des six stations étudiées au niveau du parc. Pour établir une démarche méthodologique cohérente pour la suite du raisonnement, il nous semble essentiel de présenter la méthode phytoécologique qui traduit la combinaison, ou les relations entre la végétation et les facteurs écologiques qui jouent un rôle actif dans sa distribution et son développement. L'étude phytoécologique représente un maillon indispensable pour la connaissance de milieu et de la végétation. Donc la composition floristique est en corrélation étroite avec le type d'environnement pour ce la, les relevés de la zone d'étude passe d'abord par une description du milieu biotique et abiotique. L'étude des groupements à Chêne vert de point de vue phytoécologique à l'aide d'un traitement statistique des données floristiques par la classification ascendante hiérarchique(CAH) de relevé qui permet de connaître les différents groupements végétaux existant au niveau du massif. Vu l'importance de la dégradation dans cet écosystème qui est d'origine humaine et climatique, il est nécessaire de mettre en place une politique de conservation de ce patrimoine et dégager des suggestions de sauvegarde, d'amélioration et de conservation de ce type d'écosystème.

## ***Introduction générale***

---

Aujourd'hui, les gestionnaires forestiers trouvent beaucoup de difficultés dans la gestion des ressources forestières en raison de l'absence des informations sur l'état du couvert forestier, notamment sur la structure et la composition des peuplements forestiers qui sont des paramètres importants dans la caractérisation de l'écosystème forestier (BENABDALLAH, 2010). Dans l'objectif est de fournir des informations fiables pour l'aménagement et la gestion durables des forêts de Belezma, nous avons opté parmi les axes de recherche de cette étude a présenté la diversité floristique, structurale les caractéristiques écologiques de ces forêts. Ce travail de recherche entrepris consiste à présenter les caractéristiques dendrométriques et la productivité de la chênaie, et estimer la dynamique spatio-temporelle de la phytodiversité et l'influence de certains facteurs, essentiellement les changements climatiques et l'action anthropique au niveau du PNB.

Dans cette optique, nous cherchons à donner l'état actuel des écosystèmes de chênaies existant dans le parc et comprendre comment évolue la couverture végétale du parc de Belezma ? Quel est son intérêt écologique et économique ? Quels sont les facteurs de dégradations et comment peut-on y remédier ?

Cette étude vise à établir l'état des surfaces occupées par *Quercus ilex* et la composition floristique qui l'accompagne afin de compléter certaines données sur la phytoécologie, ainsi, il est nécessaire d'aborder la dynamique, la structure, et la taxonomie végétale on analysant sa diversité biologique et les pressions qui pèsent sur cet écosystème. Tout en se basant sur l'aspect phytoécologique des groupements végétaux qui constituent ce patrimoine.

Ce travail est structuré en cinq chapitres, après une introduction générale, le premier chapitre comprend la présentation du site d'étude, le deuxième chapitre contient une caractérisation climatique et pédologique de la Chênaie. Le troisième chapitre consiste a réalisé un diagnostic phytoécologique par un inventaire floristique des groupements à Chêne vert à travers une analyse qualitative et quantitative. Le quatrième chapitre est consacré à une représentation des différentes caractéristiques dendrométriques et structurale de cette Chênaie, ainsi la procédure poursuivie dans l'estimation volume des peuplements forestiers à *Quercus ilex*. Le dernier chapitre traite la dynamique spatio-temporelle de cette Chênaie. Enfin une conclusion générale à la fin du document accompagnée des perspectives.

---

---

***CHAPITRE 1 : PRÉSENTATION DU PARC NATIONAL DU  
BELEZMA ET STATIONS D'ETUDE***

---

---

La zone d'étude est une partie de la chênaie verte algérienne, située au niveau du parc national de Belezma. Les Monts de Belezma se présentent comme une série de petits massifs coincés entre les Monts du Hodna à l'Ouest et le massif des Aurès au Sud-Est, tandis qu'au Nord-Ouest et au Sud-Ouest ; ils surplombent les plaines de Merouana et la vallée de Batna. Sur le plan administratif, ce territoire chevauche huit communes appartenant à la wilaya de Batna : Merouana, Seriana, Oued El Ma, Hidoussa, Djerma, Fesdis, Oued Chaâba et Batna.

La zone d'étude s'étale sur trois secteurs phytogéographiques : Oued Chaâba, Fesdis et Oued El Ma. Les régions géographiques par secteur sont : Ain Kerrouche, Boumerzoug, kassrou, Belkhez, Nafla et Om rkhaa.

## **1. Présentation du parc national de Belezma**

### **1.1 Localisation géographique**

Le parc national de Belezma se situe dans la partie orientale de l'Algérie du Nord, dans le massif montagneux de Belezma qui se trouve à l'extrémité Ouest du mont Aurès dans l'Est Algérien. Il se localise à environ 7 km au Nord-Ouest du chef-lieu de la wilaya de Batna. Il est limité au Nord par les plaines de Merouana et d'Ain Djasser, à l'Est par la plaine d'El Madher et à l'Ouest par l'oued de Barika (KHENFOUCI, 2005), (figure 1).

Notre zone d'étude est localisée entre les coordonnées géographiques suivantes :

35°31'02.38" à 35°42'11.28" de latitudes Nord ;

05°54'11.32" à 06°18' 55.33" de longitudes Est.

Ce chaînon est montagneux et très accidenté marquant le début du massif des Aurès. Il s'étend sur des zones escarpées allant de 900 à plus de 2100 mètres d'altitude. Les hautes et moyennes montagnes se distinguent par leurs altitudes telles que Djebel Tichaou 2136 m, Djebel Tougourt 2090 m, Djebel Kassrou 1641 m, et Djebel Mâaguel 1500 m.

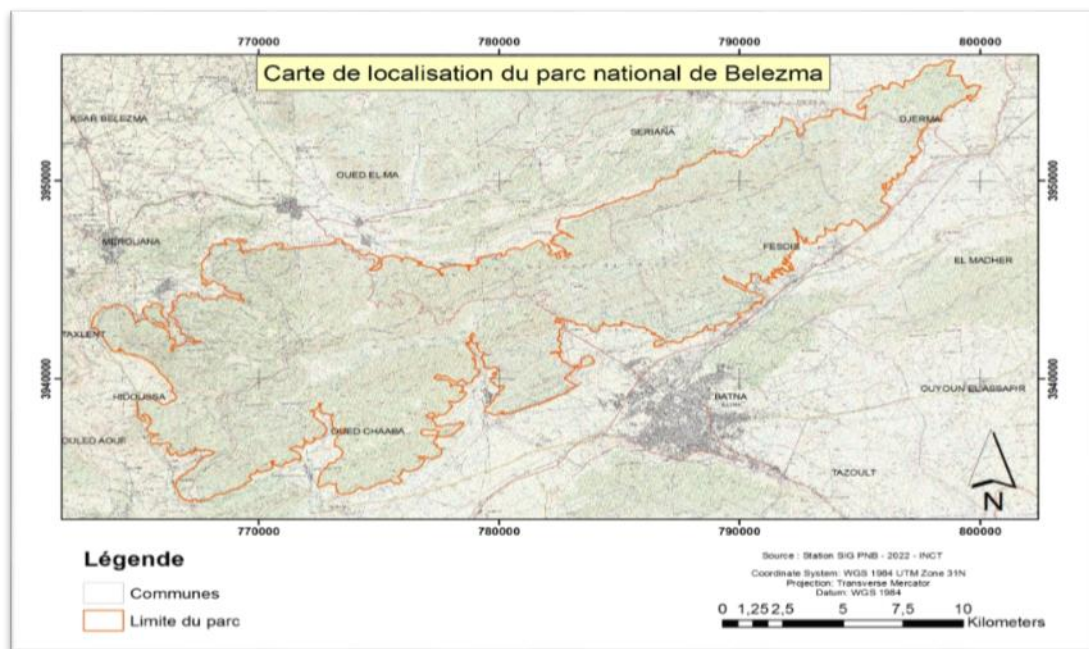


Figure 1 : Carte de localisation du parc national de Belezma, (Source, Plan de Gestion du PNB, 2020).

## 1.2 Statut actuel et superficie du parc

Le parc national créé par le décret n° 84-326 du 03 novembre 1984, est un établissement public à caractère administratif doté de la personnalité civile et de l'autonomie financière. Il est placé sous la tutelle du Ministère de l'Agriculture et du développement rural, et de la direction générale des forêts.

Le parc national de Belezma allonge toute sa superficie de 26.250 hectares à sept km au N/O du chef-lieu de la wilaya de Batna.

Il est structuré en trois secteurs de conservation d'environ 9.000 ha de superficie chacun : Oued Chaâba, Fesdis et Oued El Ma. Ces derniers, qui sont définis comme étant des espaces de gestion de proximité, ont pour missions de :

- Garantir la présence du parc national à l'échelle de son espace de compétence ;
- Assurer la protection et la conservation des richesses naturelles, et la préservation du milieu naturel contre toutes formes de dégradations ;
- Octroyer l'assistance aux travaux de recherches des universitaires ;
- Contribuer à la sensibilisation et l'éducation environnementale du grand public et surtout les écoliers ;
- Contribuer au développement durable par des actions de soutien au profit des populations riveraines ;
- Réaliser et de suivre des travaux menés dans le but de la conservation des habitats.

### 1.3 Zoning

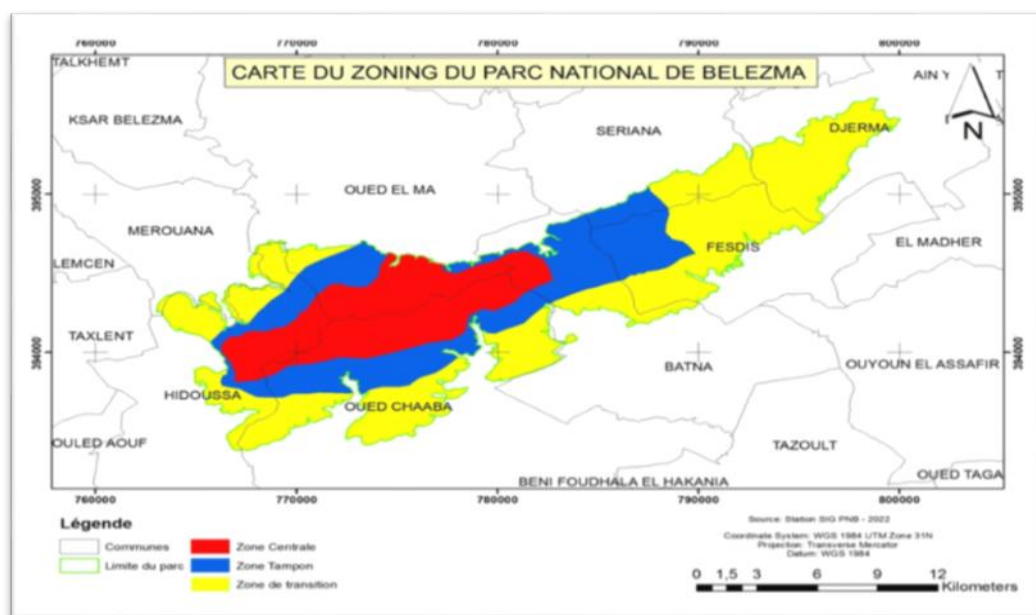
Le parc a connu deux périodes d'organisation du territoire, celle de l'arrêté du 04 juillet 1988 où il a été structuré en cinq classes :

- **Classe 1** : Réserve intégrale, 227,5 ha, soit 0,87% de la superficie totale.
- **Classe 2** : Primitive ou sauvage, 3413 ha, soit 13% de la superficie totale.
- **Classe 3** : A faible croissance, 2699,5 ha, soit 10,28% de la superficie totale.
- **Classe 4** : Tampon, 3819 ha, soit 14,55% de la superficie totale.
- **Classe 5** : Périphérique, 16.091,9 ha, soit 61,30% de la superficie totale.

Quant à la deuxième structuration, c'est celle de la loi N° 11-02 du 17 février 2011 relative aux aires protégées dans le cadre du développement durable, notamment l'article 15 qui institue l'agencement de l'aire protégée en trois zones et compte tenu de l'absence d'une étude de schéma directeur d'aménagement, le parc est schématiquement classé comme suit: (figure 2).

- **Zone centrale** 3640,5 ha soit 13,87% (c'est l'addition de la réserve intégrale avec la classe primitive) ;
- **Zone tampon** 6518,5 ha soit 24,83% (c'est l'addition de la classe à faible croissance avec la classe tampon) ;
- **Zone de transition** 16091,9 ha soit 61,30% de la superficie totale.

Il est récemment désigné comme réserve de la biosphère (MAB : Man and Biosphère).



**Figure 2** : Carte du zoning du parc national de Belezma,  
(Source, Plan de Gestion du PNB, 2020).

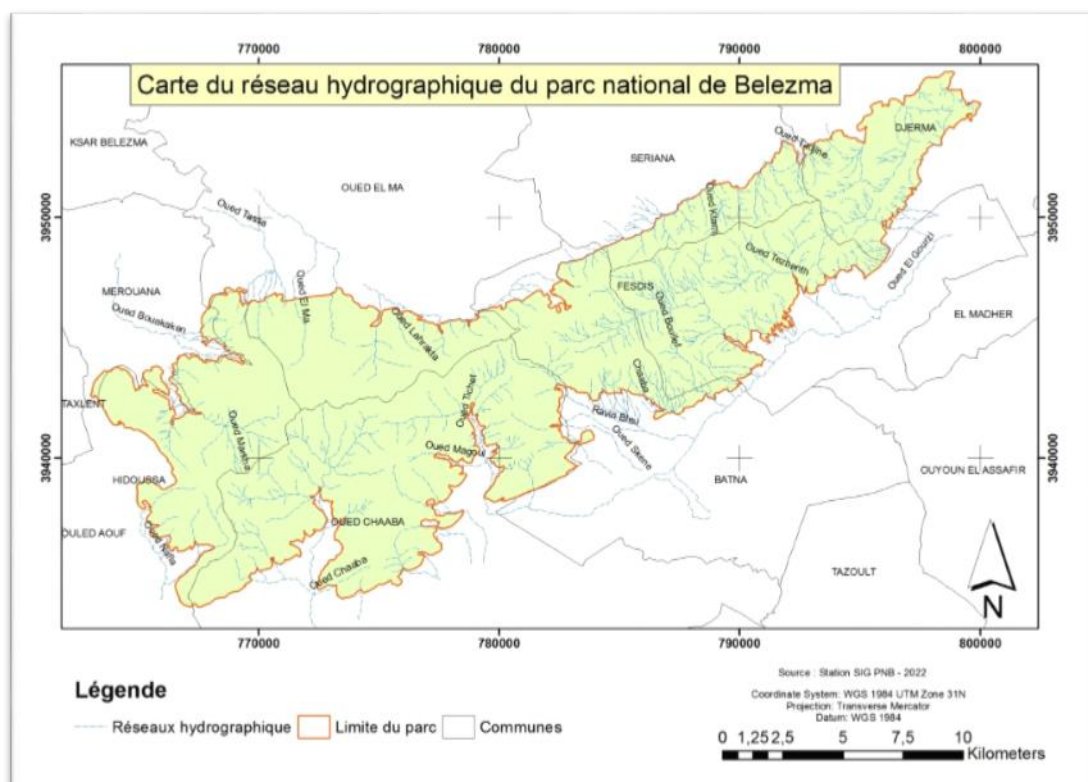


## 2 .Evaluation du patrimoine, hydrographique, géologique et pédologique du parc national de Belezma

### 2.1 Hydrographie

Le réseau hydrographique du parc national de Belezma est peu dense, il est essentiellement alimenté par plusieurs sources (HOUAMEL, 2012). Ainsi, la présence des deux lignes de crêtes ont fait apparaître deux principales lignes de partages des eaux. Celle du versant Nord où les cours d'eau constituent les affluents des oueds suivants : Ketami, Hrakta, Oued El Ma et Al hadjrin. Quant à celle du versant Sud, les oueds s'écoulent en direction du Sud en se jetant sur la dépression de Batna par les affluents suivants : Oued Nafla, Oued Hamla, Oued S'Guen, Oued Chaâba et Oued Bouilef.

La majeure partie des oueds du parc national drainent leurs eaux en dehors du territoire du parc, ce sont principalement des cours d'eau temporaires à régime saisonnier (hivernal) et torrentiel. L'évacuation des eaux du versant Sud cause souvent des inondations à l'évitement N/O de la ville de Batna, (figure 3).



**Figure 3:** Carte du réseau hydrographique du parc national de Belezma, (Source, Plan de Gestion du PNB, 2020).

## 2.2 Géologie

Les monts de Belezma sont constitués dans leur totalité de sédiments du crétacé supérieur, se présentant sous forme de calcaire provenant du crétacé inférieur.

ABDESSEMED (1981) décrit que les principales structures géologiques citées dans la région du parc national de Belezma sont :

- Des marnes dans sa partie inférieure et des grès dans sa partie supérieure. Cette structure se trouve dans la région de Boumerzoug ;
- Des marnes dans la partie inférieure, des grès dolomitiques dans sa partie centrale et du grès au sommet du Djebel Tougourt (2090 m d'altitude) ;
- Des grès dans la partie inférieure, du calcaire dolomitique dans la partie centrale et du grès au sommet qui domine la région de Bordjem et Chelaâlaâ, (figure 4).

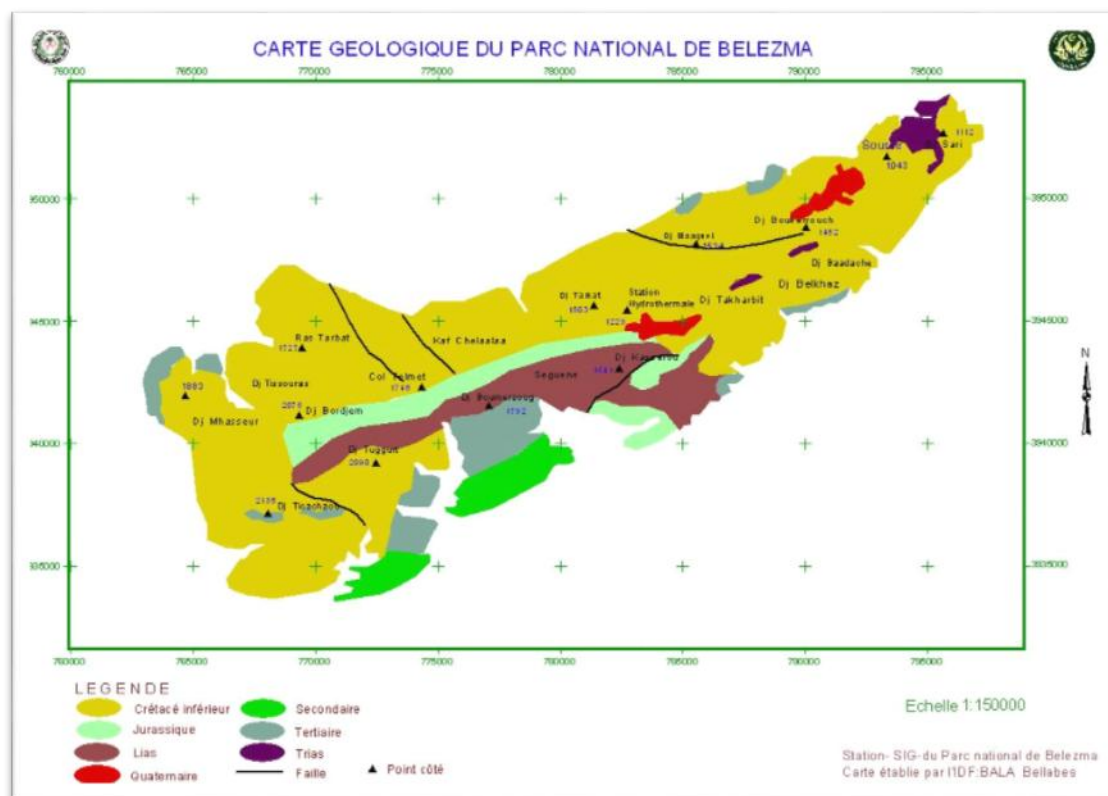


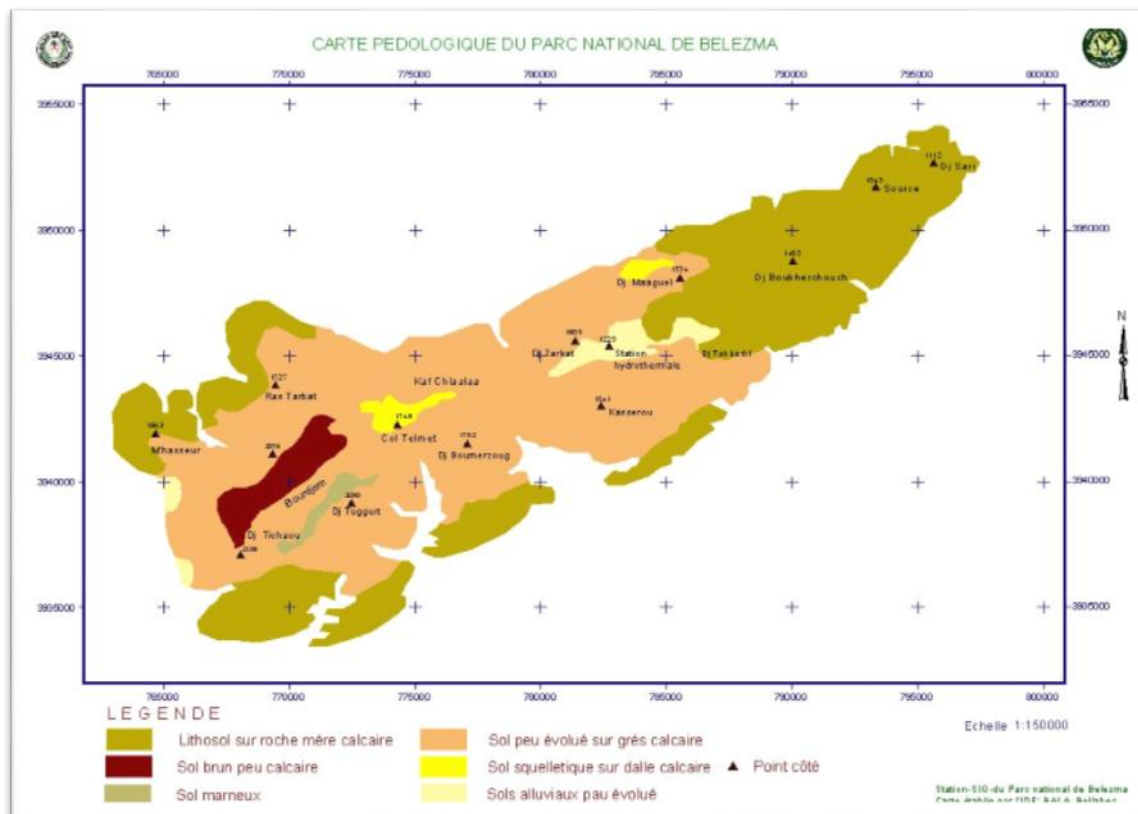
Figure 4 : Carte géologique du parc national de Belezma,  
(Source, Plan de Gestion du PNB, 2020).

## 2.3 Pédologie

D'après les travaux de SCHOENBERGER (1970) et ABDESSEMED (1981), les sols du territoire du parc national de Belezma sont caractérisés par leur jeunesse relative, leur épaisseur, ainsi que leur faible degré d'érosion, Ainsi, les sols rencontrés sont comme suit :

## Chapitre 1 : Présentation du parc national du Belezma et stations d'étude

- **Sols bruns calcaires** : Se développant au niveau des bas versants de Boumerzoug, Tougourt et Thichaou entre 1400 et 1600 m d'altitude ;
- **Sols bruns faiblement calcaires** : Évoluant sur des grès au niveau de Chelaâlaâ, Bordjem et Theniet El Gantos à des altitudes comprises entre 1600 et 2000 m ;
- **Rendzines dolomitiques** : Se développant sur des dolomies et des calcaires dolomitiques. Elles sont rencontrées sur les fortes pentes de Tougourt et Thichaou à partir de 1600 m d'altitude, (figure 5).



### 3 .Patrimoine naturel

#### 3.1 Flore

D'après les travaux menés sur le territoire du parc national de Belezma de différents cycles et après une mise à jour de l'inventaire du parc par son encadrement, la flore du parc national de Belezma est représentée par 1043 espèces végétales, 152 plantes médicinales, 50 espèces endémiques dont 04 espèces ne se retrouvent qu'au Belezma (QUEZEL et SANTA 1962 ,1963), 20 espèces protégées et 50 espèces de différents degrés de rareté.

### 3.2 Faune

Le patrimoine faunique du parc national pourtant riche demeure à ce jour mal connue. S'est enrichi suite aux études menées par des universitaires (doctorat, magister, ingénieur et master) et les observations réalisées par l'équipe du parc national.

Aujourd'hui, il est recensé 936 espèces réparties comme suit :

- **Les mammifères** : 29 espèces dont 07 chiroptères ;
- **Les oiseaux** : 121 espèces dont 24 rapaces ;
- **Les reptiles** : 24 espèces ;
- **Les poissons** : 01 espèce ;
- **Les amphibiens** : 05 espèces ;
- **Les invertébrés** : 756 espèces dont 657 insectes.

### 3.3 Les unités écologiques

Ce sont des entités du milieu naturel plus au moins homogènes quant à leurs principaux caractères physiques (nature du substrat, forme de relief, altitude,...) et biologiques (flore, faune,...).

Au Belezma, dix unités écologiques ont été déterminées en fonction de leurs caractéristiques physiques et biologiques. Celles-ci sont représentées et décrites dans le tableau 1 et la figure 6.

**Tableau 1:** Les unités écologiques du parc national de Belezma.

| Unité Écologique | Sous unité écologique            | Nature du couvert végétal   | Caractéristiques  | Superficie |
|------------------|----------------------------------|---|---|------------|
| 1- Cédraie       | <b>1.1-Cédraie pure</b>          | Cèdre à <i>Ilex aquifolium</i> , <i>Lonicera etrusca</i> , <i>Ranunculus montanus</i> , <i>Rosa Canina sp belezmensis</i> .   | Cédraie de haute altitude située sur le versant Nord à plus de 1800 m d'altitude, indiquant la présence de station un peu humidifiée. | 228 ha     |
|                  | <b>1.2-Cédraie sur Dalle</b>     | Cèdre en mélange avec le chêne vert, le genévrier oxcèdre et des plantes herbacées en faible densité.   | Cédraie typique, située de 1600 à 1850 m d'altitude à exposition Nord, unique dans toute la région. Sujette à des coupes sanitaires.  | 31 ha      |
|                  | <b>1.3- Cédraie à Chêne vert</b> | Cèdre en mélange avec le chêne vert en présence de quelques espèces : <i>Cotonaester racemiflora</i> , <i>Crataegus monogyna</i> , <i>Acer monspessulanum</i> et <i>Fraxinus dimorpha</i> . | Cédraie de basse altitude, clairsemée, située sur les versants Nord et Sud, a connu des coupes sanitaires.                            | 5026 ha    |

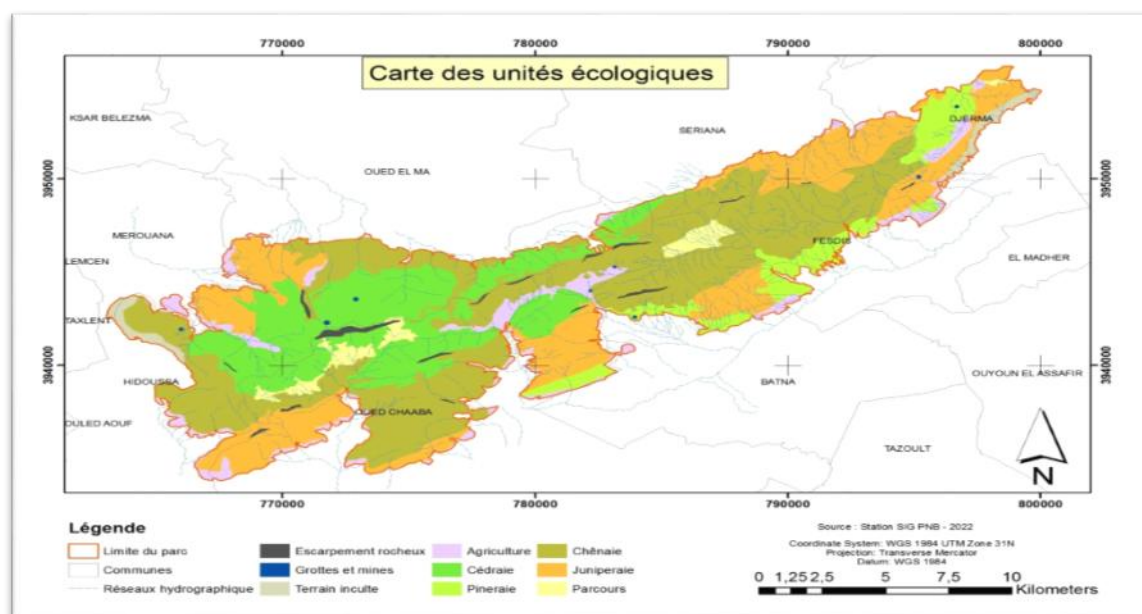
**Chapitre 1 : Présentation du parc national du Belezma et stations d'étude**

|                        |                                    |  |  |         |
|------------------------|------------------------------------|--|--|---------|
|                        | <b>1.4-Cédraie artificielle</b>    | Issue de reboisement en tas de graines avec des îlots de <i>Berberis hispanica</i> et <i>Crataegus monogyna</i>  | Reboisement en amas de graines réalisé en 1948   | 30 ha   |
| 2- Chênaie             | <b>2.1-Maquis de Chêne vert</b>    | Taillis de Chêne vert bien venant avec <i>Fraxinus dimorpha</i> , <i>Ampelodesmos mauritanicus</i> , <i>Lonicera implexa</i> , <i>Juniperus oxycedrus</i> , <i>Rosa sempervirens</i> , <i>Cotoneaster racemiflora</i> et <i>Cistus villosa</i> . | Habitats pour les passereaux et certains mammifères tels que le geai des chênes et le porc épic.   | 6324 ha |
|                        | <b>2.2-Garigue de chêne vert</b>   | Rejets de chêne vert avec des espèces indicatrices de la régression de la chênaie telles que : <i>Calycotome spinosa</i> , <i>Astragalus armatus</i> , ...   | Habitats pour les passereaux tels que la rubiette de Moussier.   | 8936 ha |
| 3- Pinède              | <b>3.1-Pineraie naturelle</b>      | Pin d'Alep avec un sous-bois dense composé de <i>Rosmarinus officinalis</i> , <i>Calycotum spinosa</i> , <i>Globularia alypum</i> et <i>Cistus monspeliensis</i> .   | Formation xérophile reposant sur une roche mère calcaire, lieux de nidification des rapaces tels le milan noir.  | 184 ha  |
|                        | <b>3.2-Pineraie artificielle</b>   | Reboisement de pin d'Alep en mélange avec <i>Cupressus sempervirens</i> par endroit.   | Reboisement dense réalisé en 1963 et 1974.   | 431 ha  |
| 4-Juniperaie           | <b>4.1-Genévrier de Phénicie</b>   | Peuplement pur par endroit à sous-bois très pauvre à <i>Asparagus acutifolius</i> , <i>Ruta montana</i> et <i>Olea europea</i> .   | Localisée dans les versants Nord (Canton Tizourit, Tiakaken), Nord Est (Canton Moktar, Baadach) Sud (Canton Boumerzoug) et Sud Ouest (Canton Tazahmat) | 1950 ha |
| 5-Pelouses d'altitudes | <b>5.1-Pelouses</b>                | Flore d'origine montagnarde et méditerranéenne telles que : <i>Rumex acetosella</i> , <i>Orchis mascula</i> et <i>Epipactis helliborine</i> .  | Occupant les altitudes de 1100 m à 2100 m.   | 1113 ha |
| 6- Cours d'eau         | <b>6.1-Cours d'eau permanente.</b> | Abrivent des ripisylves sur leurs rives à <i>Salix purpurea</i> , <i>Populus alba</i> , <i>Rosa canina</i> et <i>Nerium oleander</i> .   | Résultants de la configuration du relief. Ce sont des cours d'eau à débit faible, abrite par endroit la seule espèce de poisson (Barbeau de Biskra)    | -       |
|                        | <b>6.2-Cours d'eau</b>             | Des ripisylves avec <i>Juncus</i>  | Cours d'eau périodiques.   | -       |

**Chapitre 1 : Présentation du parc national du Belezma et stations d'étude**

|                                      | <b>temporaire.</b>                                     | <i>maritimus</i> et <i>Mentha pipreta</i> .   |   |                 |
|--------------------------------------|--|---|---|-----------------|
| 7-Falaises<br>(escarpements rocheux) | <b>7.1-Falaises</b>                                    | Regroupent des espèces spécifiques telles : <i>Pistacia terrebinthus</i> , <i>Ruta</i> , <i>bupleurum</i> et <i>Dianthus longicaulis</i>  | Rochers d'altitude (1600 à 2100 m) et espace vital pour la nidification et la survie des rapaces avec une végétation spécifique.                        | 525 ha          |
| 8-Grottes et mines                   | <b>8.1-Grottes</b>                                     | Présence de flore hygrophile et bryophytes.   | Lieux de haute importance pour la faune diurne et nocturne telles que les chauves-souris et utilisés comme refuges au cours de la guerre de libération. | -               |
|                                      | <b>8.2-Mines</b>                                       | Présence de flore hygrophile et bryophytes.   | Anciennes mines désaffectées, abritent une faune nocturne et diurne.  | -               |
| 9-Terrains nus                       | <b>Terrains nus</b>                                    | Milieus constitués de rocailles avec quelques espèces telles que <i>Globularia alypum</i> , <i>Santolina rosmarinifolia</i> , <i>Cytisus purgans</i> , <i>Ruta montana</i> , <i>Asphodellus microcarpus</i> , <i>Marrubium alysson</i> , <i>Marrubium vulgare</i> et <i>Peganum harmala</i> | Rencontrés dans les versants Nord et surtout Sud.   | 558 ha          |
| 10- Cultures et friches              | <b>Maraîchage<br/>Arboriculture<br/>Céréaliculture</b> | Milieus anthropisés dont les principales spéculations sont l'arboriculture de montagne, les cultures maraîchères et la céréaliculture.  | Occupant les piémonts des montagnes.  | 914 ha          |
| Total                                |  |   |   | <b>26.250ha</b> |

(Source, Plan de Gestion du PNB, 2020).



**Figure 6 :** Carte des unités écologiques du parc national de Belezma, (Source plan de gestion du PNB, 2020).

#### 4. Unité écologique de la chênaie

Les chênaies du Belezma couvrent une superficie de 14.886 ha soit un taux d'occupation de plus de 57% du territoire du parc. Cette unité écologique a connu une augmentation de 374 ha suite au déclassement de la cédraie de Boumerzoug pour atteindre 15.260 ha, soit un taux d'occupation de 58%.

L'état des chênaies est plus ou moins bien venant à part les cantons qui ont été touchés par les incendies au niveau du col Telmet et Kassrou et pour leur réhabilitation des travaux sylvicoles ont été entrepris pour une bonne conduite des peuplements. Ceci se traduira aussi par une bonne production de glands d'une part et permettra d'autre part l'installation des jeunes plants de cèdre où l'espèce existe.

Ces derniers temps et avec les changements climatiques, la chênaie a souffert, tout comme toutes les espèces végétales, puisqu'il a été signalé un dessèchement partiel des rameaux et des branches, en plus de quelques attaques de champignons, (tableau 2).

Tableau 2 : Unité écologique Chênaie de Belezma

| Sous unités                           | Sous unité n°01 : maquis de chêne vert   | Sous unité n°02 : garrigue de chêne vert  |
|---------------------------------------|--|---|
| Valeur patrimoniale                   | Très élevée  | Moins élevée  |
| Observations                          | -Taillis de chêne vert en mélange avec le <i>Zanthoxylum americanum</i> et <i>Juniperus oxycedrus</i> .<br>-Régénération dense ;<br>-Site de nidification de haute importance pour les passereaux et rapaces ;<br>-Habitat pour les mammifères, les oiseaux, insectes.   | -Taillis épars, dégradé, à sous-bois <i>Artemisia campestris</i> ;<br>-Absence de régénération ;<br>-Site de nidification et habitat pour la faune. |
| État de conservation                  | Favorable  | Défavorable   |
| Menaces                               | - Incendies, Attaques parasitaires, pâturage et érosion.   | - Incendies, Attaques parasitaires, Surpâturage et érosion.   |
| Enjeux de conservation                | Majeur, espèce protectrice par excellence contre l'érosion, favorise l'installation de jeunes plants de cèdre et productrice de glands.  | Capital, espèce protectrice par excellence contre l'érosion.  |
| Mesures de gestion et de conservation | -Encourager les travaux de recherche se rapportant au chêne vert.<br>-Prévoir un plan de lutte contre incendies et délits.<br>-Organiser et contrôler les parcours.<br>-Réaliser des travaux de nettoyage des parcelles incendiées.<br>-Veiller sur le contrôle et la surveillance.<br>-Sensibilisation de tous les intervenants (autorités, associations, mass-médias et populations) |   |

(Source, Plan de Gestion du PNB, 2020).

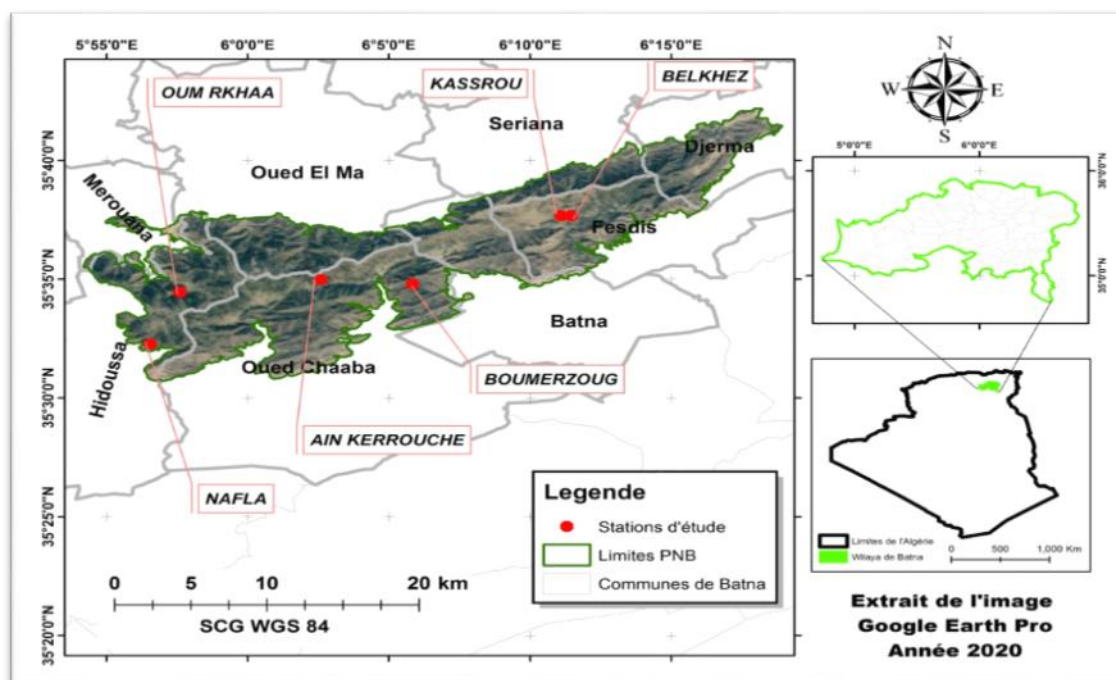
## 5. Choix et description des stations d'étude

Le choix des stations d'étude s'est fait cependant après une large prospection du massif du parc de Belezma. Nous avons choisis ces six stations parce qu'elles sont



## Chapitre 1 : Présentation du parc national du Belezma et stations d'étude

sécurisées, accessibles, homogènes et présentent une superficie adéquate pour la réalisation de cette étude, (figure 7).



**Figure 7 :** Carte de situation des stations d'étude, (Daoudi, 2020).

Ces stations sont dotées d'un patrimoine naturel qui n'a pas été étudié et qui tend à disparaître à cause de l'ampleur du phénomène de dépérissement, ainsi que la dégradation et l'action anthropozoïque. Les six stations choisies sont différentes par leurs : Altitudes, pentes, sols, expositions état de santé et sont réparties sur les trois secteurs, On a choisi deux stations pour chaque secteur, (tableau 3).

**Tableau 3 :** Caractéristiques générales des stations d'étude

| Secteurs    | Station       | Exposition | pente | Altitude | Longitude    | Latitude       |
|-------------|---------------|------------|-------|----------|--------------|----------------|
| Oued Chaâba | Ain Kerrouche | Nord       | 40%   | 1429 m   | 6°2' 35.6"E  | 35°34'58.20"N  |
|             | Boumerzoug    | Sud        | 30 %  | 1430 m   | 6°5'50.31"E  | 35°34'47.60"N  |
| Fesdis      | Kassrou       | Nord       | 30 %  | 1150 m   | 6°11'06.04"E | 35°37'40.33"N  |
|             | Belkhez       | Nord       | 35 %  | 1103 m   | 6°11'27.39"E | 35°37'40.30 "N |
| Oued el ma  | Om rkhaa      | Sud        | 30 %  | 1370 m   | 5°57'63.89"E | 35°34'80.97"N  |
|             | Nafla         | Sud        | 35 %  | 1407 m   | 5°56'33.25"E | 35°32'15.86"N  |

### 5.1 Station Ain Kerrouche

Cette station d'étude est située à 14,5Km de Batna et à 6 km de la commune de Hamla. Elle est localisée dans la partie Ouest du parc national de Belezma. Ce site est marqué par un terrain accidenté, une pente moyenne de l'ordre 40%. L'altitude oscille

## **Chapitre 1 : Présentation du parc national du Belezma et stations d'étude**

---

de 1300 jusqu'à plus de 2000 m .Elle est limitée par Djebel Boumerzoug à l'Est, col Telmet et djebel Bourdjem au Nord, Djebel Tichaou à l'Ouest et la commune d'Oued Châaba au sud, (figure 8).



**Figure 8 :** Vue générale de la station d'Ain Kerrouche (Clichet personnel ,2019).

### **5.2 Station de Boumerzoug**

La station est localisée au niveau de djebel Boumerzoug est située à 14,5Km de Batna et à 6 km de la commune de Hamla, et s'étend sur une superficie de 1923 ha. Elle est limitée par Djebel Chellâala au Nord, Ravin bleu à l'Est, Djebel Tuggurt à l'Ouest et par Djebel Mghoua au Sud, (figure 9).



**Figure 9 :** Vue générale de la station de Boumerzoug (Clichet personnel ,2019).

### **5.3 Station de Kassrou**

La station est localisée au niveau de djebel kassrou est située à 8 Km de Batna, ce site est marqué par une pente moyenne de 30%, elle est localisée dans la partie Nord du parc national de Belezma, (figure 10).





**Figure 10 :** Vue générale de la station de Kassrou (Clichet personnel ,2019).

#### **5.4 Station de Belkhez**

La station d'étude est localisée au niveau de Djebel Belkhez est située à 14 Km de Batna, Ce site est marqué par une pente moyenne de 35%, elle est localisée dans la partie Nord du parc national de Belezma, (figure 11).



**Figure 11 :** Vue générale de la station de Belkhez (Clichet personnel ,2019).

### **5.5 Station d'Om Rkhaa**

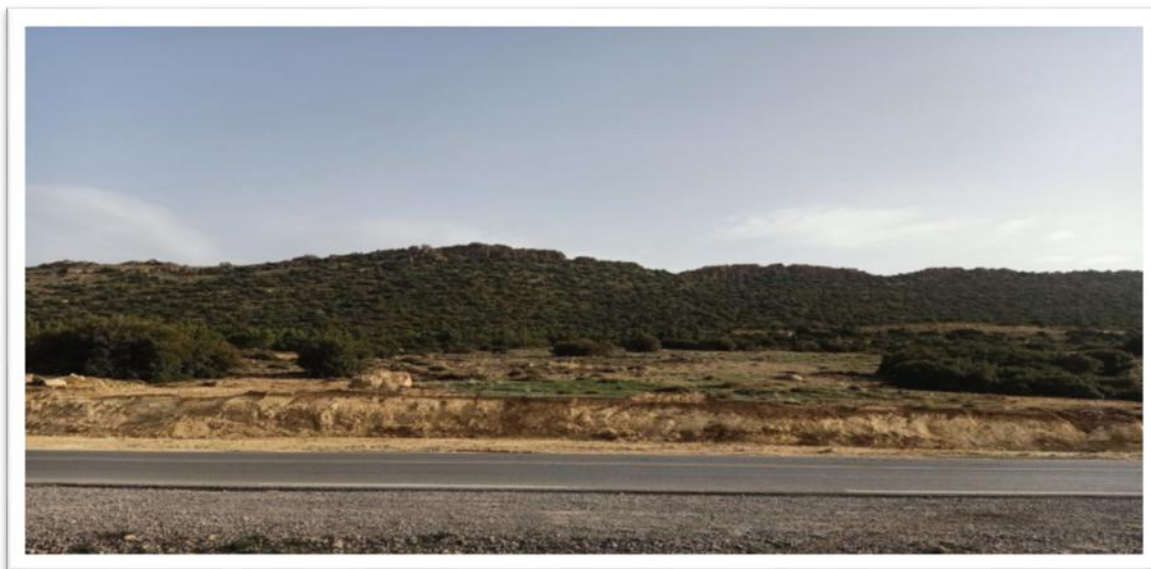
La station est située à 28,5 Km de Batna, ce site est marqué par une pente moyenne de 30%, elle est localisée dans la partie Sud du parc national de Belezma, (figure 12).



**Figure 12** : Vue générale de la station d'Om Rkhaa (Clichet personnel ,2019).

### **5.6 Station de Nafla**

La station est située à 20 Km de Batna, ce site est marqué par une pente moyenne de 35%, elle est localisée dans la partie Sud du parc national de Belezma, (figure 13).



**Figure 13** : Vue générale de la station de Nafla (Clichet personnel ,2019).

---

---

***CHAPITRE 2 : CARACTÉRISATION CLIMATIQUE ET  
PÉDOLOGIQUE DE LA CHÊNAIE DU BELEZMA***

---

---

## **Introduction**

Les facteurs abiotiques liés au climat et au sol et qui déterminent les changements dans la diversité végétale le long de gradients environnementaux sont souvent très étroitement inter- liés (PURVIS et HECTOR ,2000 ; PAUSAS et AUSTIN, 2001). La couverture totale de la végétation montre généralement des relations fortes et positives avec la diversité végétale et dépend des précipitations et de la température (TORRAS *et al.*2008), dans les régions méditerranéennes, elle est aussi limitée par la texture du sol (LE HOUEROU ,2001).

Le Chêne vert est une essence à tempérament très robuste, d'une grande plasticité, peu exigeante et s'accommode à des conditions écologiques très variables. Il supporte les conditions les plus sévères du climat méditerranéen. C'est l'espèce typique de l'étage méditerranéen supérieur. On le trouve aussi dans l'étage bioclimatique semi aride que dans l'humide et subhumide. Le Chêne vert convient à tous types de substrats siliceux ou calcaires ainsi qu'aux sols superficiels ou profonds, il est considéré par plusieurs auteurs comme indifférent à la nature chimique du substrat, (BARRY *et al.* 1974, QUEZEL, 1976 ; BARBERO et LOISEL, 1980).

Dans ce chapitre on vise à identifier les facteurs climatiques et édaphiques (caractéristiques physico-chimiques du sol), qui pourraient jouer un rôle crucial sur la répartition des groupements à *Quercus ilex*.

### **1. Climat du parc national de Belezma et des stations d'étude**

Le climat est l'une des composantes fondamentales d'un écosystème terrestre, (LACOSTE et SALANON, 2001), et qui représente un des facteurs du milieu les plus importants (BRAQUE, 1988). Le climat joue un rôle très fondamental dans le cycle biologique de la végétation et dans sa répartition spatiale et temporelle. La caractérisation du climat est réalisée à partir de mesures climatiques standardisées, effectuées par des stations au sol. Ce sont principalement les températures et les précipitations qui sont utilisées pour caractériser les différents types de climat. Mais son étude dans la région de Belezma est difficile à cause du manque de données météorologiques, complètes et fiables. Les données climatiques utilisées proviennent de la station de Aïn Skhoua (35° 45' 19" Nord, 06° 19' Est, 821,29 m) sur une période de vingt neuf ans (1989-2018). Cette station météorologique constitue de ce fait la station de référence à partir de laquelle des extrapolations à différentes altitudes seront réalisées. Nous avons choisi trois stations sur le versant Nord (Ain Kerrouche, Kassrou, Belkhez) pour des altitudes qui sont respectivement (1429, 1150, 1103 m), et à

exposition Sud trois stations (Boumerzoug, Om rkhaa, Nafla) pour des altitudes de (1430,1370 ,1407 m).

### **1.1 Températures**

La température est considérée comme l'un des facteurs les plus déterminants de la présence, de l'évolution, du développement et de la répartition des végétaux.

Selon EMBERGER (1955) pour connaître la variation des températures on ne doit prendre en considération que celles qui ont une signification biologique ce sont :

- La moyenne des "minima" (m) ;
- La moyenne des "maxima" (M)
- La température moyenne (T).

Des extrapolations de valeurs sont effectuées suivant un gradient altitudinal de 100 m de dénivelé, calculé sur la base de - 0,7°C pour le maxima (M) et de - 0,4 °C pour le minima (m) (SELTZER, 1946).

#### **1.1.1 Températures mensuelles**

Les résultats obtenus (tableau1), montrent que les températures moyennes mensuelles estimées sont (12,20- 12,20- 13,71-14,00 -12,93-12,33°C).

Les températures maximales enregistrées dans les stations étudiées sont respectivement de (29,10-29,10-32,15-32,67-29,35-29,75°C) pendant le mois de Juillet. Le mois le plus froid pour les six stations d'étude est le mois de Janvier avec des températures minimales de (0,04°C) pour cinq stations et (0,05°C) pour la station de Belkhez, (tableau 1).

Selon ZAOUI, (2020), l'analyse des données climatiques de Tlemcen montre que les températures les plus élevées sont généralement enregistrées au cours des mois de juillet et d'août ; avec des températures maximales varient entre 08,73 et 31,49 °C, cette période qui coïncide avec le manque de pluies. Et pour le mois le plus rigoureux est celui de janvier. Avec des températures minimales varient entre 4,2 et 23,14 °C. Ces valeurs sont témoins d'un hiver frais et d'un été chaud et ceci constitue un des caractères du climat Méditerranéen. D'après nos résultats et ceux des auteurs précédents on confirme que le Chêne vert supporte à des températures extrêmes et accepte une température minimale du mois le plus froid variant entre -3°C et +7°C et résiste à une température minimum jusqu'à -15°C, (BARRY *et al.*1976).



Chapitre 2 : Caractérisation climatique et pédologique de la chênaie du Belezma

**Tableau 1** : Données thermiques, pluviométriques et quotient pluviothermique pour les stations étudiées pendant la période (1989-2018).

| Période (1989-2018)  | Jan              | Fév         | Mar   | Avr   | Mai   | Juin  | Juil  | Aôut         | Sep   | Oct   | Nov   | Déc   | Σ / - | Q2            |              |
|----------------------|------------------|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|---------------|--------------|
| <b>Ain Kerrouche</b> | <b>m (°C)</b>    | <b>0,04</b> | 0,33  | 2,10  | 4,04  | 6,88  | 10,06 | 12,20        | 12,03 | 10,07 | 7,02  | 3,25  | 0,86  | <b>5,74</b>   | <b>66,92</b> |
|                      | <b>M (°C)</b>    | 9,90        | 10,95 | 13,76 | 16,63 | 21,22 | 25,86 | <b>29,10</b> | 28,44 | 23,94 | 19,56 | 14,08 | 10,55 | <b>18,67</b>  |              |
|                      | <b>Tmoy (°C)</b> | 4,97        | 5,64  | 7,93  | 10,33 | 14,05 | 17,96 | 20,65        | 20,23 | 17,00 | 13,29 | 8,67  | 5,70  | <b>12,20</b>  |              |
|                      | <b>P (mm)</b>    | 53,78       | 41,19 | 56,63 | 64,51 | 73,87 | 31,68 | 11,55        | 38,54 | 58,65 | 44,81 | 41,36 | 50,41 | <b>566,97</b> |              |
| <b>Boumerzoug</b>    | <b>m (°C)</b>    | <b>0,04</b> | 0,33  | 2,10  | 4,03  | 6,87  | 10,04 | 12,18        | 12,01 | 10,05 | 7,01  | 3,25  | 0,86  | <b>5,73</b>   | <b>52,60</b> |
|                      | <b>M (°C)</b>    | 9,90        | 10,95 | 13,76 | 16,63 | 21,22 | 25,86 | <b>29,10</b> | 28,44 | 23,94 | 19,56 | 14,08 | 10,55 | <b>18,67</b>  |              |
|                      | <b>Tmoy (°C)</b> | 4,97        | 5,64  | 7,93  | 10,33 | 14,05 | 17,95 | 20,64        | 20,22 | 16,99 | 13,28 | 8,66  | 5,70  | <b>12,20</b>  |              |
|                      | <b>P (mm)</b>    | 42,26       | 32,37 | 44,50 | 50,69 | 58,05 | 24,90 | 9,07         | 30,29 | 46,09 | 35,22 | 32,50 | 39,62 | <b>445,57</b> |              |
| <b>Kassrou</b>       | <b>m (°C)</b>    | <b>0,04</b> | 0,38  | 2,45  | 4,71  | 8,02  | 11,72 | 14,22        | 14,02 | 11,74 | 8,18  | 3,79  | 1     | <b>6,99</b>   | <b>48,64</b> |
|                      | <b>M (°C)</b>    | 10,94       | 12,10 | 15,21 | 18,37 | 23,45 | 28,58 | <b>32,15</b> | 31,42 | 26,44 | 21,61 | 15,55 | 11,65 | <b>20,62</b>  |              |
|                      | <b>Tmoy (°C)</b> | 5,94        | 6,42  | 8,83  | 11,54 | 15,73 | 20,15 | 23,18        | 22,72 | 19,09 | 14,89 | 9,67  | 6,32  | <b>13,71</b>  |              |
|                      | <b>P (mm)</b>    | 43,19       | 33,08 | 45,48 | 51,80 | 59,32 | 25,44 | 9,27         | 30,95 | 47,10 | 35,99 | 33,21 | 40,48 | <b>455,37</b> |              |
| <b>Belkhez</b>       | <b>m (°C)</b>    | <b>0,05</b> | 0,40  | 2,58  | 4,95  | 8,44  | 12,33 | 14,97        | 14,75 | 12,35 | 8,61  | 3,99  | 1,05  | <b>7,04</b>   | <b>45,90</b> |
|                      | <b>M (°C)</b>    | 11,12       | 12,30 | 15,45 | 18,67 | 23,83 | 29,04 | <b>32,67</b> | 31,93 | 26,87 | 21,96 | 15,80 | 11,84 | <b>20,96</b>  |              |
|                      | <b>Tmoy (°C)</b> | 5,58        | 6,35  | 9,01  | 11,81 | 16,13 | 20,69 | 23,82        | 23,34 | 19,61 | 15,29 | 9,90  | 6,45  | <b>14,00</b>  |              |
|                      | <b>P (mm)</b>    | 41,41       | 31,72 | 43,60 | 49,67 | 56,88 | 24,40 | 8,89         | 29,67 | 45,16 | 34,51 | 31,84 | 38,82 | <b>436,57</b> |              |
| <b>Om rkhaa</b>      | <b>m (°C)</b>    | <b>0,04</b> | 0,33  | 2,09  | 4,01  | 6,83  | 9,99  | 12,12        | 14,94 | 10    | 6,97  | 3,23  | 0,85  | <b>5,70</b>   | <b>50,50</b> |
|                      | <b>M (°C)</b>    | 10,12       | 11,20 | 14,07 | 17    | 21,70 | 26,44 | <b>29,75</b> | 29,08 | 24,47 | 20    | 14,39 | 10,87 | <b>19,08</b>  |              |
|                      | <b>Tmoy (°C)</b> | 5,08        | 5,76  | 8,06  | 10,50 | 14,26 | 18,21 | 20,93        | 20,51 | 17,23 | 13,48 | 8,81  | 5,81  | <b>12,93</b>  |              |
|                      | <b>P (mm)</b>    | 41,12       | 31,50 | 43,30 | 49,32 | 56,48 | 24,22 | 8,82         | 29,46 | 44,85 | 34,26 | 31,62 | 38,54 | <b>433,57</b> |              |
| <b>Nafla</b>         | <b>m (°C)</b>    | <b>0,04</b> | 0,34  | 2,13  | 4,10  | 6,99  | 10,21 | 12,39        | 12,22 | 10,23 | 7,13  | 3,30  | 0,87  | <b>5,83</b>   | <b>51,60</b> |
|                      | <b>M (°C)</b>    | 9,99        | 11,05 | 13,88 | 16,77 | 21,41 | 26,09 | <b>29,35</b> | 28,68 | 24,14 | 19,73 | 14,20 | 10,64 | <b>18,83</b>  |              |
|                      | <b>Tmoy (°C)</b> | 5,01        | 5,69  | 8,01  | 10,44 | 14,20 | 18,15 | 20,87        | 20,45 | 17,18 | 13,43 | 8,75  | 5,75  | <b>12,33</b>  |              |
|                      | <b>P (mm)</b>    | 41,83       | 32,04 | 44,04 | 50,17 | 57,45 | 24,64 | 8,98         | 29,97 | 45,62 | 34,85 | 32,17 | 39,21 | <b>440,97</b> |              |

Station météorologique d'Ain Skhouna. (Batna)

m (°C) : température minimale

M (°C) : température maximale

T moy (°C) : température moyenne en °C

P (mm) : précipitation moyenne mensuelle en mm

Σ / - : somme pour les précipitations et moyenne pour les températures.



### 1.1.2 Amplitude thermique

L'amplitude thermique exprime le degré de continentalité d'une station et donne une idée sur l'évapotranspiration. Elle se définit par la différence entre la température moyenne maximale du mois le plus chaud et la température moyenne minimale du mois le plus froid. Elle exprime selon EMBERGER (1971) la continentalité, l'humidité atmosphérique et l'intensité de l'évaporation.

Selon (DEBRACH, 1953) on distingue quatre types de climat thermique :

- Climat insulaire :  $M-m < 15^{\circ}\text{C}$
- Climat littoral :  $15^{\circ}\text{C} < M-m < 35^{\circ}\text{C}$
- Climat semi- continental :  $25^{\circ}\text{C} < M-m < 35^{\circ}\text{C}$
- Climat continental :  $M-m < 35^{\circ}\text{C}$

**Tableau 2** : Amplitudes thermiques moyennes (**M** : amplitude moyenne maximale, **m** : amplitude moyenne minimale).

| Stations             | M (°C) | m (°C) | M-m (°C)     |
|----------------------|--------|--------|--------------|
| <b>Ain Kerrouche</b> | 29,10  | 0,04   | <b>29,06</b> |
| <b>Boumerzoug</b>    | 29,10  | 0,04   | <b>29,06</b> |
| <b>Kassrou</b>       | 32,15  | 0,04   | <b>32,11</b> |
| <b>Belkhez</b>       | 32,67  | 0,05   | <b>32,62</b> |
| <b>Om rkhaa</b>      | 29,35  | 0,04   | <b>29,31</b> |
| <b>Nafla</b>         | 29,75  | 0,04   | <b>29,71</b> |

D'après la classification de (DEBRACH, 1953), on note que le Chêne vert se trouve dans un climat **semi-continental** pour les stations étudiées, ces dernières sont caractérisées par un hiver frais et un été chaud, (tableau 2).

D'après TRABAUD et METY (1994), le *Quercus ilex* supporte des températures extrêmes de  $+50^{\circ}\text{C}$  à  $-20^{\circ}\text{C}$  avec une amplitude thermique de  $70^{\circ}\text{C}$ , grâce à la résistance de son appareil photosynthétique.

### 1.2 Précipitations

On appelle précipitations, toutes les eaux météoriques, ou hydrométéores, qui tombent à la surface de la terre, tant sous forme liquide (pluie) que solide (neige, grêle, grésil). (L'Hote, 1993).

Selon DJEBAILI (1984), les précipitations comme étant le facteur primordial qui permet de déterminer le type du climat. Elle conditionne le maintien et la répartition du

tapis végétal, et la dégradation du milieu naturel par le phénomène d'érosion d'une part, elle a un rôle social et économique d'autre part.

Selon SELTZER (1946), la pluviométrie augmente au fur et à mesure qu'on s'élève en altitude et que les versants Nord sont plus pluvieux que les versants sud. De ce fait ; il a préconisé une élévation de 40 mm pour 100 m d'altitude sur les versants Nord et 20 m pour les versants Sud.

La répartition spatiale de la pluviométrie moyenne annuelle varie selon plusieurs paramètres locaux caractéristiques de chaque région dont l'altitude et l'exposition jouent le rôle principal.

### 1.2.1 Pluviométrie mensuelle

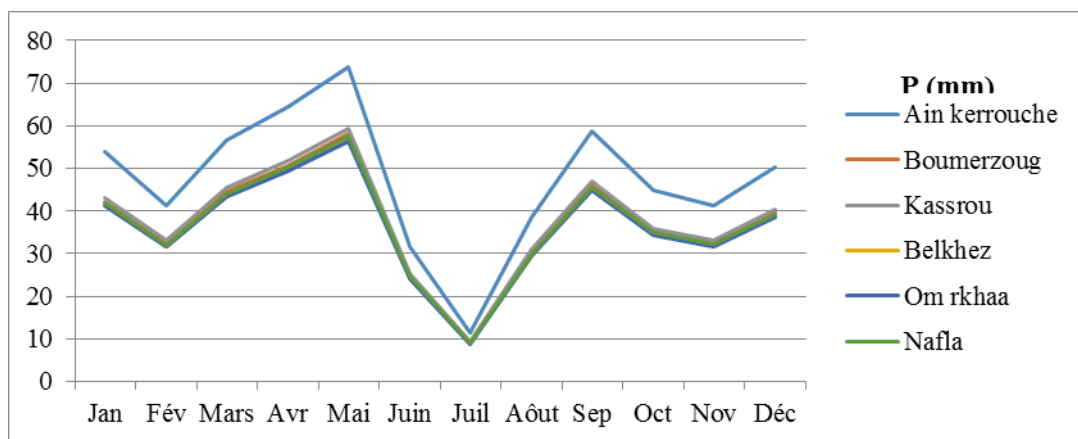
Les données pluviométriques de la région d'étude durant la période (1989-2018) sont mentionnées après extrapolation dans le ( tableau 1 ) qui montre que la quantité des pluies mensuelles reçues pour les six stations oscillant (566,97-445,57- 455,37-436,57-433,57-440,97 mm), cette quantité d'eau tombée s'est probablement traduite par la disparition de certaines espèces permettant l'installation d'autres mieux adaptées aux conditions extrêmes de sécheresse (QUEZEL 2000).

D'après les valeurs moyennes mensuelles des précipitations durant 29 ans dans les stations étudiées, nous avons constaté que :

Les précipitations moyennes mensuelles des stations d'étude passent de 73,87mm pour le mois de Mai à 8,82 mm pour le mois de Juillet.

On constate que le mois le plus pluvieux est le mois de Mai, et le mois de Juillet reste le moins pluvieux pour les stations étudiées, (figure 1).

Le Chêne vert a une amplitude écologique très large; il est tolérant à l'égard du froid, de la chaleur et de la sécheresse, (GAUSSEN, 1954 ; LETREUCH-BELAROUCI, 1995).



**Figure 1 : Précipitations mensuelles dans les stations étudiées**

Selon ZAOUI (2020), l'analyse des données pluviométriques mensuelles de Tlemcen a montré une abondance de pluie en hiver et au printemps (Fin septembre - Fin Avril), avec une sécheresse estivale (Mi-septembre). Avec une quantité de pluie qui varie entre 360,4 et 681,83 mm. BENABDELLAH, (2007), a signalé que d'une manière générale, les Monts de Tlemcen, reçoivent des pluies qui varient entre 278,72 mm et 548,7 mm. D'après nos résultats et les résultats des auteurs précédents on confirme les observations de (SAUVAGE, 1961) que le Chêne vert supporte des précipitations de 384 mm à 1462 mm, mais il peut atteindre un minimum de 250 mm selon BARRY *et al.*, (1976).

### **1.2.2 Régime saisonnier des précipitations**

D'après MUSSET (1935) in (CHAABANE, 1993) le régime saisonnier consiste à calculer la somme des précipitations par saison et à effectuer le classement saisonnier par ordre de pluviosité décroissante en désignant chaque saison par son initiale. L'hiver (H) a été défini comme la période de décembre, janvier et février de l'année ; le printemps (P) intègre les mois de mars à mai ; l'été (E) les mois de juin à août et l'automne (A) la période de septembre à novembre.

Les régimes pluviométriques saisonniers de chaque station pour la période (1989 - 2018) ainsi que leurs indicatifs saisonniers sont résumés dans le (tableau 3).

**Tableau 3** : Régime pluviométrique saisonnier des stations de la région d'étude

| <b>Stations</b>      | <b>Automne</b> | <b>Hiver</b> | <b>Printemps</b> | <b>Été</b> | <b>Type</b> |
|----------------------|----------------|--------------|------------------|------------|-------------|
| <b>Ain Kerrouche</b> | 144,82         | 145,38       | 195,01           | 81,77      | <b>PHAE</b> |
| <b>Boumerzoug</b>    | 113,81         | 114,25       | 153,24           | 64,26      | <b>PHAE</b> |
| <b>Kassrou</b>       | 116,3          | 116,75       | 156,6            | 65,66      | <b>PHAE</b> |
| <b>Belkhez</b>       | 111,51         | 111,95       | 150,15           | 62,96      | <b>PHAE</b> |
| <b>Om rkhaa</b>      | 110,73         | 111,16       | 149,10           | 62,50      | <b>PHAE</b> |
| <b>Nafla</b>         | 112,46         | 113,08       | 151,66           | 63,59      | <b>PHAE</b> |

Le régime saisonnier moyen indique que les précipitations sont assez conséquentes au printemps. Le maximum de pluviométrie tombe au mois de Mai pour les six stations, suivi par une saison hivernale caractérisée par des pluies progressives avec un maximum au mois de Janvier. En Automne, les pluies continuent de tomber, elles sont généralement de faibles intensités et réparties sur une assez longue durée. Suivi par une saison estivale sèche caractérisée par des pluies souvent brèves à caractère orageux.

Cette analyse (tableau 3) révèle que la région d'étude est soumise à un régime saisonnier, à maximum pluviométrique centré sur la saison printanière avec un régime saisonnier de type PHAE dans les six stations étudiées. Ce qui correspond aux écosystèmes forestiers méditerranéens, qui favorisent le développement du Chêne vert.

### **1.3 Synthèse bioclimatique**

Le climat d'une station est déterminé par l'interaction des différents facteurs essentiellement les précipitations et les températures qui permettent de calculer des indices pour caractériser le climat tel que: Indice d'aridité de De Martonne, le diagramme ombrothermique de GAUSSEN et BAGNOULS, et le quotient pluviothermique d'EMBERGER.

#### **1.3.1 Indice d'aridité de MARTONNE (1926)**

MARTONNE (1926) a défini un indice d'aridité pour évaluer l'intensité de la sécheresse. Cet indice associe les précipitations moyennes annuelles aux températures moyennes annuelles. Plus cet indice est faible, plus le climat est aride. L'indice est calculé avec la formule suivante :

$$I = P/T+10$$

**I** : Indice d'aridité annuelle.

**P** : Précipitations annuelles en millimètres.

**T** : Température moyenne annuelle en ° C.

Sachant que la valeur de 10 a été ajoutée aux moyennes thermométriques pour éviter les valeurs négatives de l'indice. DE MARTONNE a proposé les types de climat selon les valeurs de l'indice annuel

**Tableau 4** : Valeurs de l'indice d'aridité (GUYOT, 1999).

| <b>Valeur de l'indice</b> | <b>Type de climat</b> |
|---------------------------|-----------------------|
| <b>0 la 5</b>             | Hyper aride           |
| <b>5 la 10</b>            | Aride                 |
| <b>10 la 20</b>           | Semi-aride            |
| <b>20 la 30</b>           | Sub humide            |
| <b>30 la 55</b>           | Humide                |

## **Chapitre 2 : Caractérisation climatique et pédologique de la chênaie du Belezma**

Les valeurs d'indice de De Martonne pour nos stations d'étude sont mentionnées dans le tableau 5

**Tableau 5** : Valeurs de l'indice d'aridité des stations étudiées.

| <b>Station</b>       | <b>Indice de De Martonne</b> |
|----------------------|------------------------------|
| <b>Ain kerrouche</b> | 25,54                        |
| <b>Boumerzoug</b>    | 20,52                        |
| <b>Kassrou</b>       | 19,20                        |
| <b>Belkhez</b>       | 18,19                        |
| <b>Om rkhaa</b>      | 18,90                        |
| <b>Nafla</b>         | 19,74                        |

L'indice d'aridité annuel de DE MARTONNE se situe entre 10 et 20, pour les stations de (Kassrou, Belkhez ; Om rkhaa, Nafla), donc elles appartiennent à l'étage semi-aride. Ce régime induit la présence des formations arbustives réduites et prédominance des formations herbacées annuelle. Selon l'indice d'aridité de De Martonne qui se situe entre 20 et 30 pour les deux stations (Ain kerrouche, Boumerzoug) renferment un climat de type Sub humide

Les valeurs d'aridité annuelle de DE MARTONNE augmentent inversement à l'aridité. Autrement dit, lorsque les valeurs de cet indice sont importantes, le climat est humide. Par contre, si elles sont faibles, le climat est sec et aride.

### **1.3.2 Diagramme ombrothermique de GAUSSEN et BAGNOULS**

Le diagramme ombrothermique de GAUSSEN et BAGNOULS est une méthode graphique qui permet de définir les périodes sèche et humide de l'année (DAJOZ, 2003), où sont portés en abscisses les mois, et en ordonnées les précipitations (**P**) et les températures (**T**), avec  $P=2T$ . Un mois est réputé «sec» si les précipitations sont inférieures à 2 fois la température moyenne, et réputé «humide» dans le cas contraire.

Ces auteurs préconisent pour la détermination de la période sèche de tracer un diagramme sur lequel la température est portée à une double échelle de celle des pluies. La durée de cette période sèche est matérialisée par la surface de croisement, où la courbe thermique passe au-dessus de la courbe pluviométrique.

Nous avons établi les diagrammes ombrothermiques pour les six stations, durant la période (1989-2018). L'analyse comparative des diagrammes, fait apparaître deux périodes bien distinctes, l'une sèche et chaude, et l'autre humide et froide.

## ***Chapitre 2 : Caractérisation climatique et pédologique de la chênaie du Belezma***

---

La durée de la période sèche estimée par le diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN (1953), s'étale du mois de Juin à celui de Septembre pour les stations étudiées ; elle est appréciée à travers le nombre de mois où la pluviosité moyenne est inférieure ou égale à 2T, (figure 2).

Selon IONESCO ET SAUVAGE (1966), le Chêne vert supporte les chaleurs torrides de l'été et résiste à une grande sécheresse estivale. Il a toujours besoin de froids hivernaux, ce qui l'écarte rigoureusement du littoral marocain et des rivages méridionaux de la méditerranée. La sécheresse estivale et le froid hivernal sont les facteurs abiotiques importants qui limitent la distribution du *Quercus ilex*, (TERRADAS ,1992).Ce qui explique son adaptation aux contraintes hydriques du climat méditerranéen et sa résistance à la sécheresse et aux températures élevées, lui permet de coloniser les espaces dégradés et secs (BONIN et ROMANE 1996).

**Chapitre 2 : Caractérisation climatique et pédologique de la chênaie du Belezma**



**Figure 2 :** Diagrammes ombrothermiques de BAGNOULS et GAUSSEN des stations étudiées.

### **1.3.3 Quotient pluviothermique d'EMBERGER**

Le quotient pluviothermique D'EMBERGER (1952) spécifique au climat méditerranéen est un rapport entre les précipitations et les températures, il permet une classification bioclimatique des milieux (SOLTNER, 1984).

Pour déterminer l'étage bioclimatique de la zone d'étude on applique la formule de STEWART (1969) :

$$Q2 = 3.43 P/M-m$$

Avec :

Q2: Le quotient pluviothermique.

P : Précipitations moyennes annuelles (mm).

M : Moyenne des maxima du mois le plus chaud en °C.

m : Moyenne des minima du mois le plus froid en °C.

Le quotient pluviothermique et le climagramme d'EMBERGER (1952), font correspondre les différentes stations aux étages bioclimatiques auxquels elles appartiennent. Les quotients d'Emberger (Q2) des stations Ain Kerrouche et Boumerzoug sont égaux à (66,92-52,60) ce qui montre l'appartenance des ces zones d'étude à l'étage sub- humide à hiver frais.

Les valeurs des quotients pluviothermiques d'Emberger des stations de Kassrou, Belkhez, Om rkhaa, Nafla sont respectivement (48,64 - 45,90-50,50-51,60). Ces zones d'étude se trouvent dans les étages semi aride à hiver frais, (tableau 6 et figure 3)

Dans l'étage semi-aride en Algérie, le Chêne vert représente le type xérophile, il est localisée dans les Aurès et les montagnes du sud-oranais mais dans les étages sub-humide et humide qu'il connaît son plein développement (DAHMANI, 1984). Le Chêne vert occupe une large amplitude bioclimatique, allant du semi-aride à l'hyper-humide (EMBERGER 1955), dans le subhumide, le *Quercus ilex* est présent dans les régions froides et chaudes (BARBERO *et al*, 1992). Dans le semi-aride il occupe les variantes froides et extrêmement froides sous des conditions nettement continentales ou dans les hautes altitudes (BARBERO *et al*, 1992), le semi- aride représente le type xérophile de la chênaie verte (DAHMANI 1988).



## **Chapitre 2 : Caractérisation climatique et pédologique de la chênaie du Belezma**

**Tableau 6:** Données thermométriques mensuelles moyennes en (°C) et pluviométriques annuelles en (mm) des deux stations d'étude calculées par extrapolation pour la période allant de (1989- 2018.). (**M** : moyennes des températures maximales ; **m** : moyennes des températures minimales ; **P** : Précipitations annuelles en mm ; **Q<sub>2</sub>** : Quotient d'Emberger).

| <b>Station</b>       | <b>Versant</b> | <b>M (°C)</b> | <b>m (°C)</b> | <b>P (mm)</b> | <b>Q<sub>2</sub></b> | <b>Etage bioclimatique</b>      |
|----------------------|----------------|---------------|---------------|---------------|----------------------|---------------------------------|
| <b>Ain Kerrouche</b> | Nord           | 29,10         | 0,04          | 566,97        | 66,92                | <b>Sub humide à hiver frais</b> |
| <b>Boumerzoug</b>    | Sud            | 29,10         | 0,04          | 445,57        | 52,60                | <b>Sub humide à hiver frais</b> |
| <b>Kassrou</b>       | Nord           | 32,15         | 0,04          | 455,37        | 48,64                | <b>Semi aride à hiver frais</b> |
| <b>Belkhez</b>       | Nord           | 32,67         | 0,05          | 436,57        | 45,90                | <b>Semi aride à hiver frais</b> |
| <b>Om rkhaa</b>      | Sud            | 29,75         | 0,04          | 433,57        | 50,50                | <b>Semi aride à hiver frais</b> |
| <b>Nafla</b>         | Sud            | 29,35         | 0,04          | 440,97        | 51,60                | <b>Semi aride à hiver frais</b> |

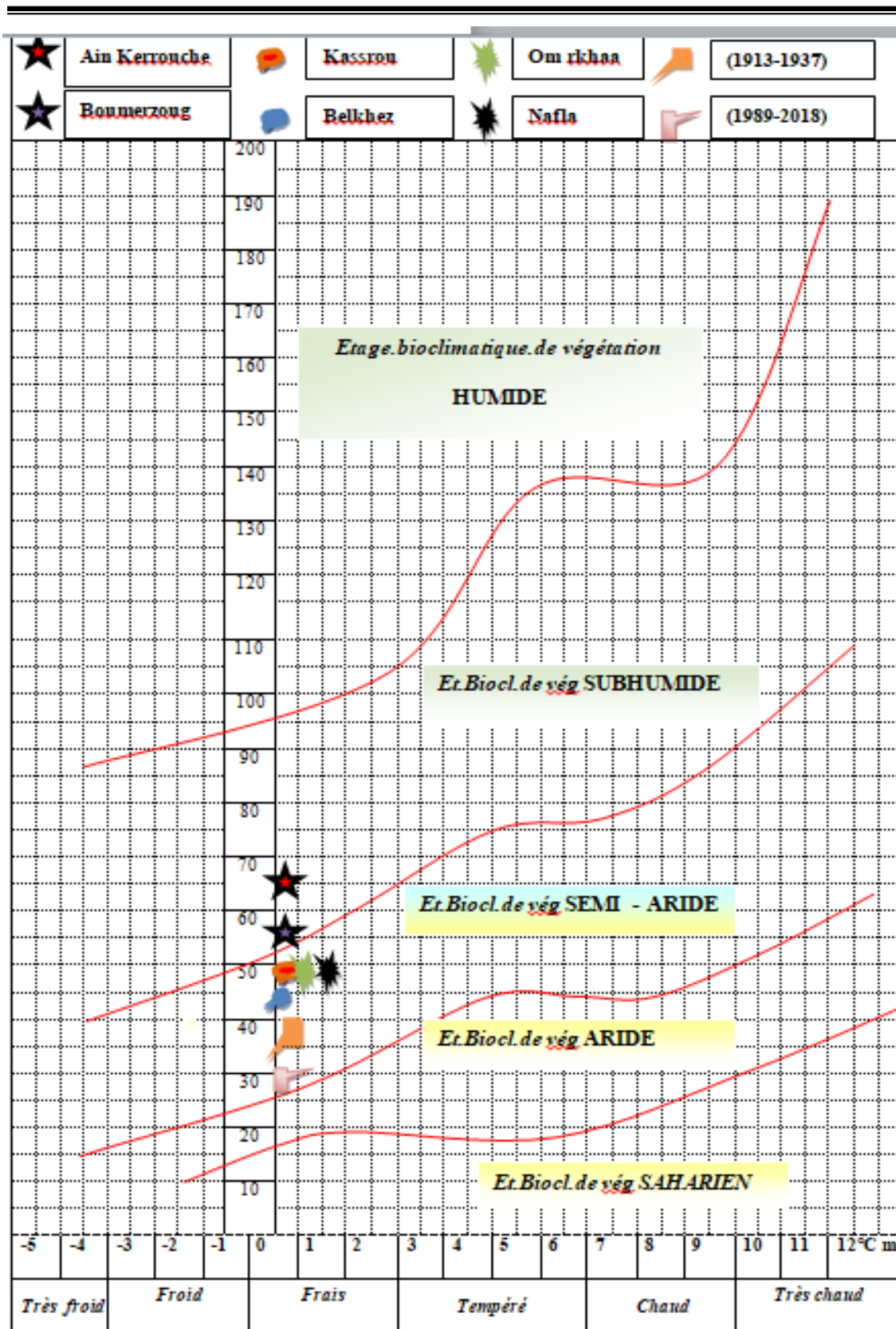


Figure 3 : Aire de projection des stations d'étude dans le climagramme d'EMBERGER.

## **2. Etude diachronique climatique de la région de Batna**

L'étude climatique à travers deux principaux facteurs : les précipitations et les températures, a pour objectif, la compréhension des évolutions climatiques locales au cours de ces cent dernières années. A cet effet, une étude qui se base sur la comparaison des observations climatiques de deux séries de données de la wilaya de Batna a été réalisée. La première série est celle établie par recueil météorologique de SELTZER (1946), elle s'étale sur une période de 24 ans (1913 -1937). La deuxième, correspond aux données fournies par l'ONM (Office national météo) à Ain skhouna pour une période de 29 ans (1989-2018), (tableau 7).

**Tableau 7** : Coordonnées géographiques des stations

| <b>Station</b>     | <b>Altitude</b> | <b>Longitude</b> | <b>Latitude</b> |
|--------------------|-----------------|------------------|-----------------|
| <b>Batna</b>       | 1052 m          | 06° 18'E         | 35° 33' 35"N    |
| <b>Ain skhouna</b> | 821 m           | 06° 19' E        | 35° 45' 19" N   |

### **2.1 Températures**

#### **2.1.1 Températures moyennes mensuelles**

La lecture des températures moyennes mensuelles des deux périodes permet de constater qu'il y'a une éventuelle augmentation de la température durant la nouvelle période par rapport à l'ancienne période, La comparaison de la température moyenne annuelle pour les deux séries de mesures montre une augmentation de 1,58 C°. Elle passe de 13,97 °C pour l'ancienne période à 15,55°C pour la nouvelle période, (tableau 8).

**Tableau 8 :** Données thermiques, pluviométrique et quotient pluviothermique pour la station de Batna pendant les périodes (1913-1937), (1989-2018)

| Période (1913 - 1937) |                  | Jan         | Fév   | Mar       | Avr   | Mai          | Juin  | Juil         | Aôut  | Sep   | Oct   | Nov   | Déc   | ∑ / -         | Q2           |
|-----------------------|------------------|-------------|-------|-----------|-------|--------------|-------|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|---------------|--------------|
| <b>Batna</b>          | <b>m (°C)</b>    | <b>0,3</b>  | 0,6   | 2,7       | 5     | 8,3          | 13    | 16,1         | 15,7  | 13    | 8,5   | 4,2   | 1,1   | <b>7,37</b>   | <b>36</b>    |
|                       | <b>M (°C)</b>    | 9,5         | 11,5  | 14,3      | 18,9  | 23,6         | 28,9  | <b>33,3</b>  | 32,2  | 27,7  | 21,2  | 15    | 10,7  | <b>20,56</b>  |              |
|                       | <b>Tmoy (°C)</b> | <b>4,9</b>  | 6,05  | 8,5       | 11,95 | 15,95        | 20,95 | <b>24,7</b>  | 24    | 20,35 | 14,85 | 9,6   | 5,9   | <b>13,97</b>  |              |
|                       | <b>P (mm)</b>    | 40          | 30    | <b>43</b> | 28    | 39           | 23    | 7            | 20    | 21    | 29    | 36    | 30    | <b>346</b>    |              |
| Période (1989 - 2018) |                  | Jan         | Fév   | Mar       | Avr   | Mai          | Juin  | Juil         | Aôut  | Sep   | Oct   | Nov   | Déc   | ∑ / -         | Q2           |
| <b>Ain skhouna</b>    | <b>m (°C)</b>    | <b>0,05</b> | 0,47  | 2,99      | 5,75  | 9,80         | 14,31 | 17,37        | 17,12 | 14,33 | 9,99  | 4,63  | 1,22  | <b>8,17</b>   | <b>31,11</b> |
|                       | <b>M (°C)</b>    | 12,16       | 13,45 | 16,90     | 20,42 | 26,07        | 31,77 | <b>35,74</b> | 34,93 | 29,40 | 24,02 | 17,29 | 12,95 | <b>22,93</b>  |              |
|                       | <b>Tmoy (°C)</b> | 6,33        | 6,96  | 9,95      | 13,09 | 17,93        | 23,04 | <b>26,55</b> | 26,03 | 21,87 | 17,01 | 10,96 | 7,09  | <b>15,55</b>  |              |
|                       | <b>P(mm)</b>     | 30,71       | 23,52 | 32,34     | 36,84 | <b>42,18</b> | 18,09 | 6,59         | 22,01 | 33,49 | 25,59 | 23,62 | 28,79 | <b>323,77</b> |              |

(SELTZER, 1946, Station météorologique d'Ain Skhouna. Batna)

m (°C) : Température minimale

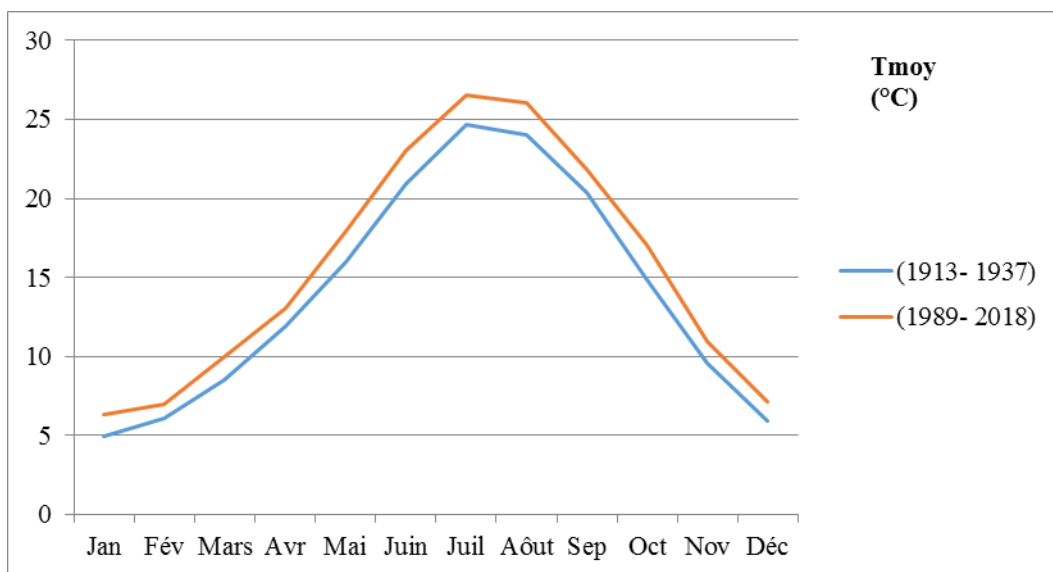
M (°C) : Température maximale

T moy (°C) : Température moyenne en °C

P (mm) : Précipitation moyenne mensuelle en mm

∑ / - : Somme pour les précipitations et moyenne pour les températures.

L'examen de la figure 4 fait ressortir pour les deux séries que Juillet est le mois le plus chaud de l'année et janvier le plus froid.



**Figure 4 :** Températures moyennes mensuelles des deux périodes

### 2.1.2 Amplitude thermique

**Tableau 9 :** Amplitudes thermiques moyennes (**M** : amplitude moyenne maximale, **m** : amplitude moyenne minimale).

| Période      | M (°C) | m (°C) | M-m (°C)     |
|--------------|--------|--------|--------------|
| (1913 -1937) | 33,3   | 0,3    | <b>33</b>    |
| (1989 -2018) | 35,74  | 0,05   | <b>35,69</b> |

L'analyse du (tableau 9) montre que la région étudiée est caractérisée par un climat semi-continental pour les deux périodes.

## 2.2 Précipitations

### 2.2.1 Pluviométrie mensuelle

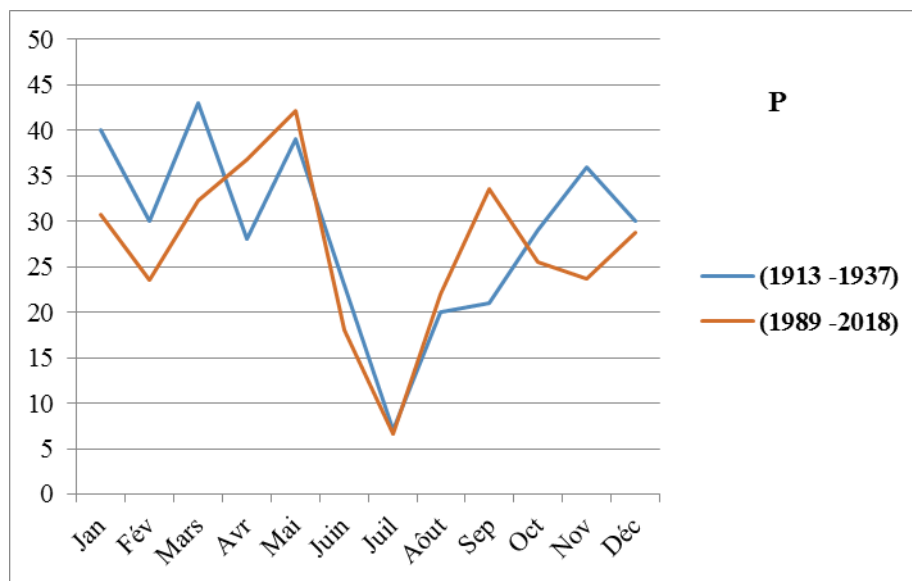
Les quantités moyennes de précipitation mensuelles enregistrées dans les stations sont portées dans le tableau (8) qui montre que la quantité des pluies mensuelles reçues pour les deux périodes est respectivement de (346 -323,77mm).

La comparaison des données montre une diminution de 22,23 mm (soit 6%) dans le cumul des précipitations. Cette baisse de la pluviosité apparaît pratiquement au niveau de tous les mois.

Le régime mensuel moyen des précipitations durant les deux périodes montre une irrégularité des pluies. L'observation de la courbe pluviométrique des précipitations

## Chapitre 2 : Caractérisation climatique et pédologique de la chênaie du Belezma

moyennes mensuelles montre que les précipitations sont variables, elles sont concentrées dans la période hivernal et printanière et presque inexistante durant la période estivale, (figure 5). L'étude de la répartition des précipitations moyennes mensuelles exprimées en mm de la région d'étude fait ressortir que le mois de juillet est le mois le plus sec pour les deux périodes avec des valeurs très proches (7 et 6,59 mm), par ailleurs le mois le plus pluvieux est Mars pour la première période (43 mm) et le mois de Mai pour la deuxième période (42,18 mm),(figure 5).



**Figure 5:** Précipitations mensuelles des deux périodes

### 2.3.2 Régime pluviométrique saisonnier

Les totaux pluviométriques saisonniers et leur importance par rapport au total annuel de chaque station ainsi que leur indicatif saisonnier, sont résumés sur le tableau (10) et (figure 6).

**Tableau 10 :** Précipitations saisonnières et indicatif saisonnier

| Période      | Automne | Hiver | Printemps | Été   | Indicatif saisonnier |
|--------------|---------|-------|-----------|-------|----------------------|
| (1913 -1937) | 86      | 100   | 110       | 50    | PHAE                 |
| (1989 -2018) | 82,07   | 83,02 | 111,36    | 46,69 | PHAE                 |

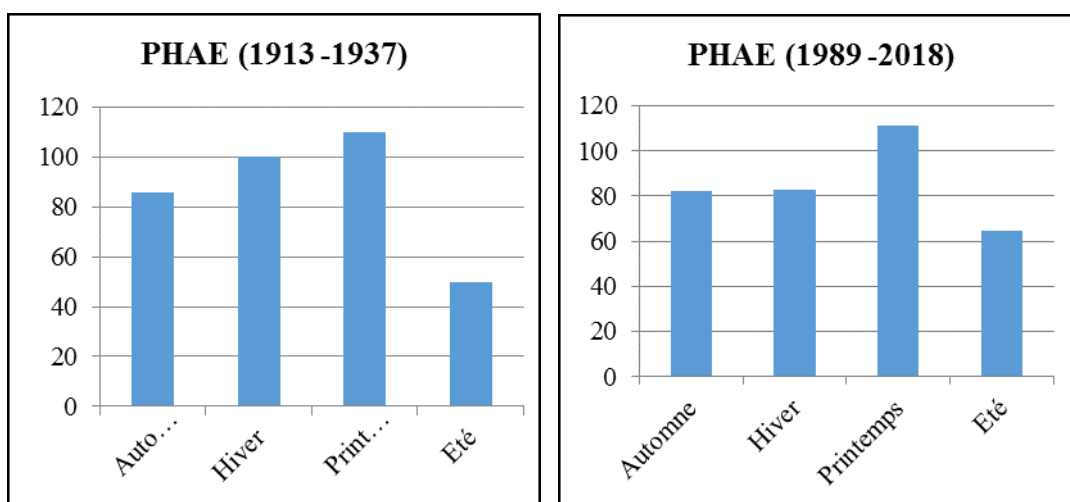


Figure 6: Le régime saisonnier des précipitations des deux périodes.

Le régime saisonnier de précipitations des deux périodes est de type PHAE, c'est-à-dire, le maximum des précipitations est observé pendant le printemps et l'hiver.

## 2.3 Synthèse bioclimatique

### 2.3.1 Indice de Martonne

Tableau 11 : Valeurs Indice de Martonne

| Période      | Indice de Martonne |
|--------------|--------------------|
| (1913 -1937) | 14,43              |
| (1989 -2018) | 12,67              |

Les résultats obtenus positionnent la région étudiée dans un climat **semi aride** durant l'ancienne et la nouvelle période.

### 2.3.2 Diagrammes ombrothermiques de BAGNOULS et GAUSSEN

L'examen des diagrammes ombrothermiques des stations météorologiques montrent que :

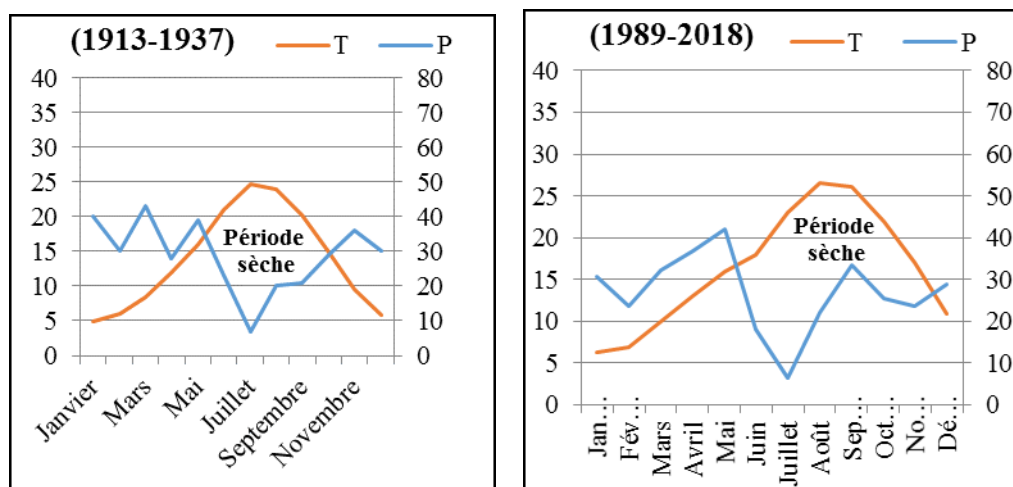


Figure 7 : Diagrammes ombrothermiques de BAGNOULS et GAUSSEN des deux périodes

## Chapitre 2 : Caractérisation climatique et pédologique de la chênaie du Belezma

Pour la période sécheresse s'étale depuis le mois de Juin jusqu'à Octobre pour l'ancienne période, et à partir du mois de Juin jusqu'au mois de Novembre pour la nouvelle période. On remarque que la période sèche a augmenté d'un mois, (figure 7).

L'évolution progressive de la période sèche impose à la végétation une forte évapotranspiration, ce qui lui permet de développer des systèmes d'adaptation (réduction de la surface foliaire, développement des épines) modifiant ainsi le paysage en imposant une végétation xérophiiles (MEZIANE, 2004).

### 2.3.3 Quotient pluviométrique d'Emberger

**Tableau 12 :** Données thermométriques mensuelles moyennes en (°C) et pluviométriques annuelles en (mm) des deux périodes (1913 -1937) et (1989- 2018). (**M** : moyennes des températures maximales ; **m** : moyennes des températures minimales ; **P** : Précipitations annuelles en mm ; **Q2** : Quotient d'Emberger).

| Période      | M (°C) | m (°C) | P (mm) | Q2    | Etage bioclimatique      |
|--------------|--------|--------|--------|-------|--------------------------|
| (1913 -1937) | 33,3   | 0,3    | 346    | 36    | Semi aride à hiver frais |
| (1989- 2018) | 35,74  | 0,05   | 323,77 | 31,11 | Semi aride à hiver frais |

Les données climatiques des deux périodes anciennes et récentes ont révélé que les stations étudiées sont classées dans l'étage bioclimatique semi aride à hiver frais, (figure 3).

Le calcul du quotient pluviothermique d'Emberger des deux séries de données et sa projection sur le climagramme montrent un léger déplacement vers la droite, (figure 3). Ce déplacement est lié essentiellement à la valeur de la moyenne des minimas thermiques du mois le plus froid. Avec un Q2 de 36 et m de 0,3 °C et de 31,11 et m de 0,05 °C pour respectivement ancienne et nouvelle période, (figure 3), la région étudiée reste dans l'étage semi aride à hiver frais. Cette diminution du Q2 et l'augmentation de la température moyenne minimale du mois le plus froid (0,05°C) indiqueraient une tendance à l'aridification.

La comparaison entre les périodes (1913-1937) et (1989-2018), montre une tendance à la diminution des précipitations notamment, hivernales et automnales. Pour les températures, une élévation de ces dernières est bien observée au niveau de tous les mois. En effet cette étude montre une nette variation entre la période ancienne (1913-1937) et la période récente (1989-2018). On conclue d'une façon générale une tendance du climat à l'aridité et, par conséquent ça se répercute sur le couvert végétal. Selon ALCARAZ, (1968) à partir de certaines valeurs de Q2 et «m» la végétation change, elle peut évoluer en même temps que le climat se modifie.



Selon QUEZEL et MEDAIL (2003), les changements climatiques auront des conséquences sur la structure de la végétation méditerranéenne et devraient permettre une progression altitudinale et latitudinale sensible des lignées méditerranéennes, en particulier des pins, des genévriers, du chêne vert et du chêne pubescent, mais aussi de nombreux végétaux thermophiles de leur cortège.

IFTICENE-HABANI *et al*, (2021), ont signalé que la cédraie du Belezma, a connu deux épisodes à très forte mortalité : les années 1875 et 1880 qui ont ravagé les cédraies des Aurès et celles de 1977 et 1978 où la pluviométrie était très insuffisante (197mm pour 1978 : année sèche) avait même entraîné un dessèchement du Chêne vert, espèce rustique par excellence. La succession des années particulièrement déficitaires en précipitations et les températures élevées semble être donc la raison principale de la mortalité des arbres et la régression du couvert végétal. Selon le même auteur, les conséquences de cette dynamique régressive se traduit par un changement important de la composition floristique qui varie dans le sens d'aridité (steppisation) indiquée également par l'infiltration d'espèces steppiques comme *Stipa tenacissima*, qui tend à occuper plus de place notamment au niveau du parc national de Belezma avec une modification et de la structure de la végétation.

### **3. Approche pédologique**

Le sol est l'élément principal de l'environnement qui règle la répartition de la végétation. Il se développe en fonction de la roche mère, la topographie et les caractéristiques du climat (OZENDA, 1954).

Selon BENARADJ (2010), L'analyse du sol est importante pour deux raisons : du point de vue physique, elle renseigne sur la nécessité d'apporter des modifications à la structure du sol et cela en tenant compte du climat. Du point de vue chimique, elle renseigne sur la richesse du sol en éléments organiques et minéraux. Selon MEZIANE (1997), dans toute étude écologique, le sol reste la clé déterminante des différents phénomènes (croissance, maintenance, adaptation) par ses éléments nutritifs et minéraux ainsi que sa teneur en eau et en matière organique. Les sols présentent une grande diversité et forment une mosaïque diversifiée.

#### **3.1 Méthodes d'analyses pédologiques**

Pour notre étude du sol la méthode est subdivisée en deux étapes, la première sur terrain, la seconde au laboratoire où les échantillons seront analysés. Le prélèvement du sol a été entrepris en creusant au centre de chaque station ; le sol est prélevé à l'aide d'une pelle et une pioche sur une profondeur de 50 cm. On a choisi cette profondeur

## ***Chapitre 2 : Caractérisation climatique et pédologique de la chênaie du Belezma***

parce que le Chêne vert colonise aussi bien les sols profonds que superficiels, toutefois, la profondeur du sol est positivement corrélée à la productivité du Chêne vert (BICHARD,1982).Lors du prélèvement nous veillerons à avoir un échantillon représentatif de la morphologie générale de ce dernier en évitant de soustraire les pierres, graviers, cailloux et autres.Chaque échantillon est mis dans un sachet en plastique, étiqueté en vue des analyses physico-chimiques,(figure 8).



**Figure 8 :** Prélèvement du sol (Clichet personnel ,2019).

Nous avons prélevé six échantillons du sol représentant les six stations d'étude, et ces prélèvements ont été effectués durant la période printanière. Parce que le choix de la période est essentiel pour la végétation ou la période adéquate se situe entre fin Juin et début de Juillet ou l'évaporation et la remontée capillaire sont très importantes.

Ces prélèvements ont un double objectif ; d'une part, la caractérisation du sol des six stations en question (analyses pédologiques physico-chimiques) et d'autre part la constatation de l'influence des caractéristiques du sol sur la répartition végétale, et donc le recouvrement des espèces végétales présentes dans les stations choisies.

Les six échantillons du sol prélevés sont mis à sécher à l'aire libre pendant quelques jours, puis tamisés à 2 mm pour obtenir la terre fine. Les analyses physico-chimiques ont été effectuées au niveau du centre de recherche scientifique et technique sur les régions arides (CRSTRA) dans la wilaya de Biskra.

### 3.1.1 Analyses physiques

#### ✓ Granulométrie

L'analyse granulométrique s'effectue sur une prise d'essai de terre fine (< 2 mm). Elle a pour but de déterminer le pourcentage des différentes fractions de particules minérales constituant les agrégats (DUCHAUFOR, 1977). Cette analyse a été réalisée selon la méthode de Robinson (PANSU et GAUTHIER, 2006), elle a pour but de quantifier pondéralement en pourcentage les particules du sol (sables ; limons et argiles), et de définir la texture du sol par la classification de texture (USDA, 1992).

POUGET (1980) a mentionné des classes texturales en fonction du pourcentage des éléments fins (argile et limon fin).

- Argile + limon fin < 5 % texture très grossière.
- 5 % < argile + limon fin < 20 % texture grossière.
- 20 % < argile + limon fin < 40 % texture moyenne.
- 40 % < argile + limon fin < 70 % texture fine.
- 70 % < argile + limon fin < 100 % texture très fine.

Ces résultats sont reportés en fonction des pourcentages des argiles, des limons et des sables dans le triangle des classes de texture, afin de déterminer la texture de notre sol, (figure 9).

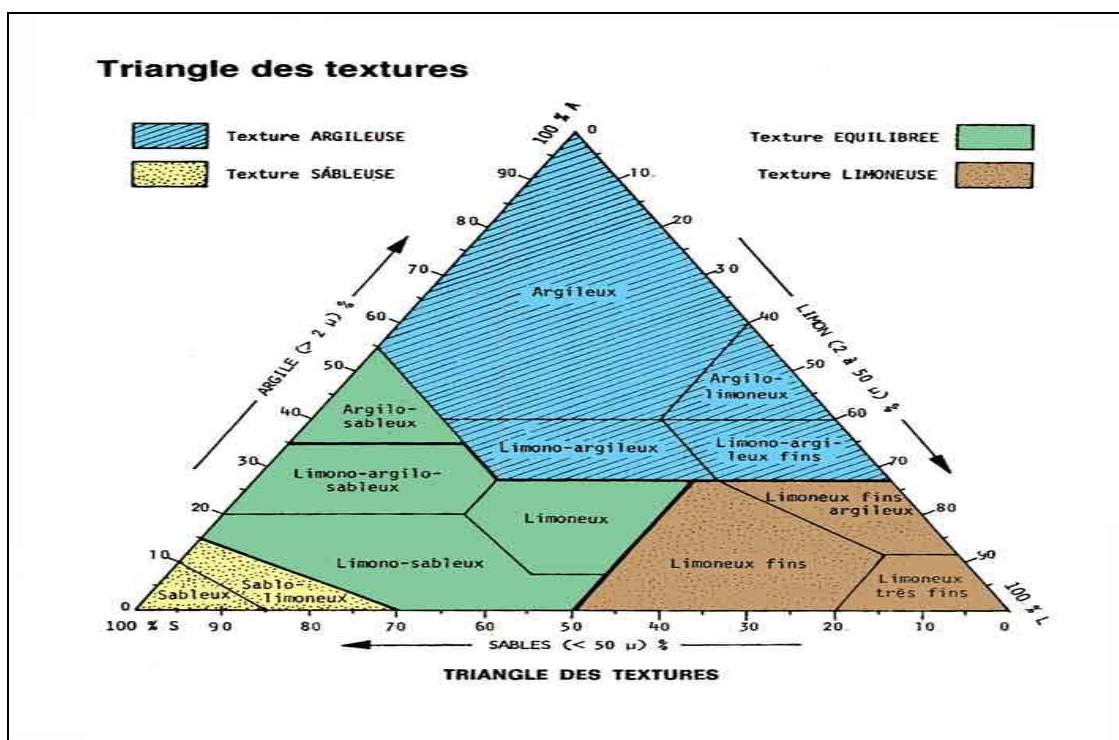


Figure 9 : Triangle textural du sol (DUCHAUFOR, 1977).

✓ **Mesure du pH**

Le pH est apprécié par la méthode électrique sur des extraits dont le rapport terre/eau est de 2/5 (MATHIEU et PIELTAIN, 2003). L'échelle de classification utilisée (DURAND, 1983).

- 6.5 à 7.5 (Neutre).
- 7.5 à 8.5 (peu Alcalin).
- Plus de 8.5 (Alcalin).

✓ **Conductivité électrique (CE)**

La conductivité électrique est mesurée par un conductimètre sur des extraits dont le rapport terre /eau est de 1/5 (MATHIEU et PIETLAIN, 2003).

Selon l'échelle de la CE, établie par BAIZE (1988), et qui est indiquée dans le tableau ci-dessous :

**Tableau 13 :** Echelle de désignation de la salinité du sol en fonction de la conductivité électrique et de la somme des ions (BAIZE, 1988).

| <b>Classe</b> | <b>Désignation</b>  | <b>Conductivité électrique (ds/m) a 25 °C</b> |
|---------------|---------------------|---|
| <b>0</b>      | Sol non salé        | < 2,5   |
| <b>1</b>      | Faiblement salé     | 2,5-5   |
| <b>2</b>      | Moyennement salé    | 5-10  |
| <b>3</b>      | Salé                | 10-15   |
| <b>4</b>      | Fortement salé      | 15-20   |
| <b>5</b>      | Très fortement salé | 20-27,5                                       |
| <b>6</b>      | Excessivement salé  | 27,5-40                                       |
| <b>7</b>      | Hyper salé          | > 40  |

### **3.1.2 Analyses chimiques**

✓ **Calcaire total ( $\text{CaCO}_3$ )**

L'analyse a été réalisée selon la méthode gazométrie par l'utilisation du calcimètre de Bernard (BAIZE, 2000). L'échelle de classification utilisée (LOZET et MATHIEU, 1990).

- 2% trace.
- 2% à 10% faible.
- 10% à 25% moyenne.
- 25% à 50% forte.
- > 50% très forte

✓ **Matière organique (Carbone total)**

Selon la méthode d'Anne, le carbone organique est oxydé par le bicarbonate de potassium en milieu sulfurique (acide sulfurique). L'extrait est titré par une solution de sel de mohr en présence de diphenylamine (AUBERT, 1978). Après le virage de couleur au bleu vert, la quantité de la solution correspond à la teneur en carbone, selon la formule suivante :

$$C(\%) = \frac{N - N'}{P} * 0,38$$

Avec :

**N** : volume utilisé ;

**N'** : volume initial ;

**P** : poids du sol prélevé (0,5 g).

Ainsi, la matière organique est obtenue selon la formule :

$$MO(\%) = C(\%) * 1.72$$

**3.2 Résultats d'analyses physicochimiques du sol de la zone d'étude**

L'exploitation des résultats des analyses pédologiques nous a permis de caractériser la texture des sols étudiés ainsi que les paramètres physicochimiques du sol dans les stations échantillonnées. Ces données sont représentées dans le tableau 14.

**Tableau 14** : Résultats d'analyses physicochimiques du sol des stations d'étude

| Paramètres/<br>stations                 | Kassrou       | Belkhez       | Ain<br>kerrouche | Boumerzoug | Nafla                | Om<br>rkhaa     |
|---|---------------|---------------|------------------|------------|----------------------|-----------------|
| Argiles (%)                             | 12            | 11            | 14               | 39         | 33                   | 26              |
| Limons fins (%)                         | 14            | 7             | 12               | 16         | 7                    | 9               |
| Limons grossiers (%)                    | 57            | 53            | 58               | 15         | 42                   | 28              |
| Sables fins (%)                         | 8             | 5             | 7                | 18         | 9                    | 27              |
| Sables grossiers (%)                    | 9             | 24            | 9                | 12         | 9                    | 10              |
| Calcaire total<br>CaCO <sub>3</sub> (%) | 7,8           | 7,2           | 12,80            | 9,70       | 10,3                 | 8,5             |
| Carbone (%)                             | 7,18          | 2,64          | 6,18             | 1,20       | 2,13                 | 2,94            |
| Matière organique (%)                   | 12,34         | 4,54          | 10,62            | 2,07       | 3,68                 | 5,05            |
| pH                                      | 8,53          | 8,68          | 7,90             | 7,30       | 8,20                 | 8,55            |
| CE ds/m                                 | 0,4           | 0,3           | 0,6              | 0,2        | 0,1                  | 0,9             |
| Texture                                 | Limoneux fins | Limoneux fins | Limoneux fins    | Argileux   | Limono-argileux fins | Limono-argileux |

### **3.2.1 Interprétations et discussions**

#### **- Granulométrie**

L'analyse granulométrique présente une texture limoneuse fine pour les stations de Kassrou et Ain Kerrouche et Belkhez avec des taux élevés en Limons avec des pourcentages respectivement (71, 70,60%), (tableau 14).

La prédominance du limon correspond généralement à une stabilité structurale très sensible à la dégradation (LE HOUEROU, 1992). Car les limons sont facilement détachés de la matrice du sol et transportés, et la présence d'une quantité importante de ces limons est le résultat de l'apport par ruissellement. Les actions des températures élevées en périodes sèches fissurent les sols ce qui entraîne une forte perte d'eau par évaporation.

Les valeurs obtenues pour l'analyse granulométrique montrent que les pourcentages des argiles représentées dans le sol des chênaies étudiées sont de (26, 39, 33 %) respectivement pour les stations Om rkhaa, Boumerzoug et Nafla. Les pourcentages des sables sont de (37, 30,18 %), (tableau14). En référant les moyennes de ces valeurs granulométriques dans le triangle des classes fondamentales de texture du sol (DUCHAUFOR, 1977), nous pouvons déduire que la texture du sol des chênaies étudiées est de type Limono-argileuse pour Om rkhaa, Argileuse pour Boumerzoug et Limono-argileuse fine pour Nafla.

Ces résultats sont assez similaires à ceux obtenus par HOUAMEL, (2012) et DAOUDI, (2017) dans leur étude sur l'inventaire floristique dans le parc national de Belezma.

Nous constatons donc que la texture limoneuse est prédominante, et ces types de sol sont généralement faciles à travailler et peuvent stocker des volumes considérables d'eau (POUQUET, 1952). Cette essence de Chêne vert fuit les substrats mobiles et les sols hydromorphes (ACHHAL, 1979).

Le Chêne vert colonise tous les types de substrats, il est considéré par plusieurs auteurs tels que LAPIE (1909), MAIRE (1926), BARRY *et al.*, (1976), QUEZEL (1976) et BARBERO et LOIZEL (1980) comme indifférent à la nature chimique du substrat.

#### **- pH**

Les valeurs obtenues du pH varient entre 7,30 et 8,68. Le pH indique une tendance neutre à Alcalin pour la majorité des stations étudiées. Il dépend des différents cations absorbés, de la nature de la structure végétale ainsi que les conditions climatiques



DAJOZ (1982). Il est lié aussi à la quantité du calcaire présente dans le sol, HUETZ DELEMPS (1970).

Le pH de ces sols est d'une manière générale alcalin.

**- Conductivité électrique (CE)**

Les valeurs mesurées pour la conductivité électrique sont faibles et varient entre 0,1 et 0,9.

Selon l'échelle de la conductivité électrique (CE) établie par BAIZE (1988), qui indique que le sol à CE inférieure à 2,5 ds/m est un sol non salé. Le taux des sels solubles dans les sols est en fonction de la profondeur, de la texture, de l'évapotranspiration ainsi que de l'humidité du profil (BENDAANOUN, 1981). Nous pouvons constater que le sol des stations étudiées est non salé.

De même, ABDESSEMED (1981), CHAIRA et AIT MEDJBER (2010) et BOUKERKER (2016), ont signalé un pH alcalin et sol non salé dans la zone d'étude.

**- Calcaire total ( $\text{CaCO}_3$ )**

Les résultats obtenus pour le calcaire total sont faibles à moyens, et varient entre 7,2 et 12,80 %. En se référant à l'échelle de classification du type du sol en fonction du taux du calcaire total cité par (LOZET et MATHIEU, 1990). Les pourcentages qui vont de 7,2 à 9,70 % sont faiblement calcaires et, ceux qui vont de 10,3 à 12,8 % sont moyennement calcaires.

Le pourcentage de  $\text{CaCO}_3$  montre que le Chêne vert forme des peuplements sur des sols calcaires. Ceci confirme les observations de nombreux auteurs (MAIRE, 1926 ; BOUDY, 1952) concernant les formations à Chêne vert sur des sols calcaires. Selon QUEZEL, (1976), le *Quercus ilex* est très fréquent sur les substrats calcaires, mais colonise aussi les grès, les roches métamorphiques et les roches magnésiennes.

DUCHAUFOR (1995) décrit le Chêne vert comme étant une espèce calcicole thermophile, cette préférence des substrats calcaires est probablement due au besoin d'un milieu chaud et sec que ce type du substrat lui procure. Le calcaire joue un rôle de réserve de calcium dans le sol, il joue aussi un rôle dans la structure du sol et la nutrition minérale de la plante.

Selon DUCHAUFOR (1977), une faible teneur en  $\text{CaCO}_3$  est probablement due à la remontée en surface de solution contenant du calcium, et une teneur moyenne en calcaire favorise l'élaboration de la structure stable précipitée sous forme cristalline en profondeur. Ces résultats témoignent l'adaptation des groupements à « *Quercus ilex* » au substrat calcaire.

**- Matière organique (carbone total)**

Le carbone est un mode d'expression plus directe de la matière du sol. Son origine est surtout liée aux activités biologiques naturelles. Les pourcentages du carbone dans les six stations étudiées sont respectivement (7,18 -2,94-6,18-2,64-1,20-2,13%).

La matière organique du sol comprend l'humus et les débris organiques non humifiés qui constituent des réserves de matériaux transformables en humus, (MALLEM, 1998).

La matière organique est une source importante d'éléments nutritifs pour les plantes et la connaissance de sa teneur totale dans le sol renseigne sur sa potentialité fertilisante. La matière organique augmente la fertilité du sol, elle améliore à la fois ses qualités physiques, chimiques et biologiques. Un sol bien pourvu en matière organique offrira un milieu bien plus favorable au développement des plantes. (RAHMOUNE, 2018).

On constate d'après les analyses effectuées que la valeur maximale du taux de matière organique est de 12,34% et la valeur minimale est de 2,07%. D'après DUCHAUFFOUR (1977), les sols sont considérés riches en matière organique lorsque le pourcentage de cette dernière est supérieur à 2%. A cet effet, nous pouvons classer les sols des stations étudiées étant riche en matière organique.

**3.3 Types de sols des chênaies en Algérie et sols au niveau du parc National de Belezma**

Le Chêne vert et les sols fersialitiques sont caractéristiques du climat méditerranéen, ainsi l'évolution du sol et de la végétation sont convergents et peuvent constituer un climax climatique (DUCHAUFFOUR, 1966). A ce propos GAOUAR (1980) indique qu'il faut considérer l'interaction des trois paramètres, à savoir : climat-végétation-sol et dont la résultante constitue le climax.

Au Djurdjura IHADDADEN (1988) a trouvé le Chêne vert installé sur des sols bruns fersialitiques, bruns calcaires, bruns calciques, regosols et sur rendzine. DAHMANI (1997) a noté la présence du chêne vert en Algérie sur sols fersialitiques, calcimagnésiques et sur sols peu évolués sur matériaux récents.

Selon DAHMANI (2002), les particularités adaptatives du Chêne vert héritées de son histoire (aptitude à s'adapter aux stress hydriques et thermiques, à s'accommoder de tous les types de substrat et à résister aux perturbations), lui confère une valeur écologique doit être prise en compte dans l'optique d'une réalisation d'un équilibre écologique, assurant, notamment, un obstacle à la désertification et à la disparition des sols.

Selon ABDESSEMED (1981), les sols du territoire du parc national de Belezma sont



caractérisés par leur jeunesse relative, leur épaisseur ainsi que leur faible degré d'érosion. Et classés comme suit : Sols bruns calcaires, sols bruns faiblement calcaires et rendzines dolomitiques.

BOUKERKER, (2016) a décrit les sols au niveau du parc national de Belezma par des sols rendzine brunifié et sol Brun eutrophe sur grès.

D'après les résultats trouvés par ces auteurs on constate que le Chêne vert est une essence robuste connue pour sa capacité à s'adapter aux différentes exigences climatiques et qui convient à tous types de substrats.

### **Conclusion**

Dans cette étude nous avons analysé l'influence des facteurs climatiques et édaphiques sur la répartition des groupements à Chêne vert.

On a jugé important de porter un regard sur l'évolution du climat des stations étudiées par une analyse comparative de quelques paramètres météorologiques (température moyenne et extrêmes, précipitations et quotient pluviothermique d'EMBERGER « Q2 » pour une période de 29 ans. (1989-2018). L'étude bioclimatique nous a permis de définir le climat actuel et ressortir les remarques suivantes :

- Le mois le plus froid pour les stations d'étude est le mois de Janvier et Juillet est le mois le plus chaud.
- Le mois le plus pluvieux est le mois de Mai, et le mois de Juillet reste le moins pluvieux, avec un régime saisonnier de type **PHAE** pour les stations étudiées.
- La durée de la période sèche estimée s'étale du mois de Juin à celui de Septembre pour les stations étudiées.
- Les stations d'Ain Kerrouche et Boumerzoug sont situées dans l'étage bioclimatique sub humide à hivers frais et les stations de Kassrou, Belkhez, Om rkhaa et Nafla appartiennent à l'étage semi aride à hivers frais.
- L'étude bioclimatique diachronique nous a permis de définir un changement climatique qui se manifeste entre l'ancienne et la nouvelle période par une augmentation des températures ; une pluviométrie très irrégulière et une diminution des précipitations, donc un allongement de la période sèche et une tendance vers l'aridification.
- L'ensemble des caractères physico-chimique des échantillons analysés montrent une texture limoneuse avec une bonne perméabilité ; Limono-argileuse ; Argileuse et Limono-argileuse fine pour les stations étudiées. Ces structures sont bien développées, facilitent l'aération du sol et l'enracinement des végétaux. Une conductivité électrique

## ***Chapitre 2 : Caractérisation climatique et pédologique de la chênaie du Belezma***

---

faible indique l'absence de salinité en favorisant ainsi le développement des espèces végétales, un pH alcalin et un taux de CaCO<sub>3</sub> montrent que le Chêne vert forme des peuplements sur des sols modérément calcaire, avec des taux de matière organique élevés, supérieur à 2%. Donc les sols étudiés sont riches en matière organique. Ces résultats restent significatifs pour une telle étude sur les groupements à « *Quercus ilex* » et permettront de connaître les exigences de ces groupements. Car le climat est le facteur le plus prépondérant dans le renouvellement des espèces, le rôle important du filtre environnemental dans la distribution des espèces, l'étude de la diversité le long du gradient d'aridité, montre que, plus la xéricité est forte, plus le milieu change et plus le renouvellement des espèces devient plus important.

Et par conséquent une dégradation et un changement du couvert végétal dans le parc par l'installation de nouvelles espèces et la disparition d'autres. Cette dégradation a atteint un stade critique avec le remplacement des espèces dominantes par des espèces secondaires, on parle souvent de dégradation des groupements forestiers et dans le cas de ces massifs de Belezma, par le dépérissement du Cèdre de l'Atlas et son remplacement par le Chêne vert.

---

***CHAPITRE 3 : DIAGNOSTIC PHYTOÉCOLOGIQUE  
DES CHENAIES DU BELEZMA***

---

## **Introduction**

Les Chênaies de Belezma constituent un patrimoine floristique important, riche et diversifié. Car ces chênaies couvrent une superficie importante soit un taux d'occupation de plus de 57% du territoire du parc. L'étude phytoécologique de cette chênaie représente un maillon indispensable pour la connaissance de milieu et de la végétation. Donc la composition floristique est en corrélation étroite avec le type d'environnement pour ce la, les relevés de la zone d'étude passe d'abord par une description du milieu biotique et abiotique.

L'objectif recherché est d'établir l'état des surfaces occupées par *Quercus ilex* et la composition floristique qui l'accompagnent afin de compléter certaines données sur la phytoécologie et il est nécessaire d'aborder la dynamique, la structure, et la taxonomie végétale on analysant sa diversité biologique et les pressions qui pèsent sur cet écosystème.

Dans ce chapitre on a réalisé un diagnostic phytoécologique par un inventaire floristique des groupements à Chêne vert à travers une analyse qualitative et quantitative (types biologiques et chorologiques, abondance-dominance, fréquence des espèces).

### **1. Méthodologie d'étude**

L'étude du tapis végétal nécessite une analyse de la structure végétale qui s'effectue elle-même essentiellement par la méthode des relevés floristiques selon BRAUN-BLANQUET (1951). Chacun des relevés comprend des caractères écologiques d'ordre stationnel notamment l'altitude, la pente, l'exposition, la nature du substrat, la surface du relevé et le recouvrement. L'emplacement du relevé est choisi subjectivement de manière à ce qu'il soit homogène, pour qu'il représente la communauté végétale.

Nous avons ainsi réalisé 60 relevés phytoécologiques, 10 relevés pour chaque station. Ces relevés ont été effectués durant la période printanière qui est la période de développement optimal de la végétation durant trois années (2018, 2019, 2021). Ces relevés floristiques sont réalisés au niveau des stations au sein du parc (kassrou, Belkhez, Ain kerrouche, Boumerzoug, Nafla, Om rkhaa).

Il est important que la surface des relevés soit suffisante pour comprendre la quasi-totalité des espèces présentes sur la surface de végétation floristiquement homogène considérée, « ce qui correspond à l'aire minimale » (ABDESSEMED, 1981).

Selon GOUNOT (1969), l'aire minimale se définit comme la surface à partir de laquelle il n'y a plus ou presque plus d'espèces nouvelles.

### **Chapitre 3 : Diagnostic phytoécologique des chênaies du Belezma**

---

Les relevés phytoécologiques ont été réalisés sur des placettes carrées de 20 x 20 m (400 m<sup>2</sup>), (Figure 1). Cette surface est classiquement utilisée en écologie forestière, car cette résolution de mesure est en parfaite adéquation avec la perception des phénomènes écologiques concernant la flore vasculaire dans ce type d'écosystème méditerranéen (DAGET et GORDON ,1982 ; BRAKMAN, 1989 ; LEPART et ESCARRE ,1993 ; AUSTIN, 1999, DECONCHAT, 1999).



**Figure 1 :** Réalisation des relevés floristiques, (Clichet personnel ,2019).

La méthode consiste à établir l'inventaire complet des espèces végétales rencontrées, dans le but de confectionner un herbier. Les échantillons récoltés doivent être représentatifs, et au laboratoire ces échantillons sont étalés sur des feuilles du papier journal, ces journaux sont régulièrement changés et remplacés jusqu'à ce qu'il y ait dessèchement total des plantes pour éviter la moisissure des échantillons.

L'identification des espèces a été réalisée par la contribution de suite à la consultation de plusieurs ouvrages pour la détermination des espèces :

- Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionale (QUEZEL et SANTA, 1962- 1963).
- Flore d'Afrique du Nord (MAIRE, 1952-1980).
- Suite a une identification qui a été réalisée par Pr BEKDOUCHE F (Université de Batna2).

Selon GOUNOT (1969), l'échantillonnage consiste à obtenir des informations objectives d'une précision mesurable et de les rendre les plus efficaces possible, pour

notre étude actuelle on a opté pour l'échantillonnage subjectif, qu'est une méthode de reconnaissance adaptée à tout type de formation végétale, ce type d'échantillonnage est plus simple et plus intuitif pour caractériser les groupements végétaux (MEDDOUR, 2010).

Ainsi, les données obtenues sont ensuite rassemblées sous forme de tableaux floristiques, sur lesquels nous appliquerons des analyses de la flore des stations étudiées selon (la richesse floristique, types biologiques et chorologiques, coefficient d'abondance-dominance ; fréquence des espèces).

### **1.1 Types biologiques**

Selon le système établi par RAUNKIAER (1905) pour les plantes supérieures, les types biologiques sont définis d'après la morphologie et le rythme biologique du végétal, plus précisément en fonction de la nature et de la localisation des organes assurant sa survie durant la ou les périodes climatiquement défavorables. C'est en principe des bourgeons qu'il porte, et grâce aux méristèmes abrités par ces derniers, que le végétal pourra ultérieurement reprendre son développement (LACOSTE et SALANON, 2005).

La physionomie de la végétation peut être exprimée par le spectre biologique qui est lié à la proportion des divers types biologiques. Selon RAUNKIAER (1934), on distingue cinq types fondamentaux :

**Phanérophytes** : arbres ou des arbustes dont les bourgeons se trouvent en hiver très au-dessus de la couche de neige, c'est-à-dire à plus de 25 à 40 cm au-dessus du sol et qui assurent la protection de leurs bourgeons contre le froid en les entourant dans des enveloppes.

**Chaméphytes** : arbustes de moins de 50 cm de hauteur et censés se retrouver, en hiver, sous la couche de neige protectrice. Les bourgeons des chaméphytes sont aussi protégés par des enveloppes (sans doute pour les années où il ne neige pas ou s'ils sont bretons).

**Hémicryptophytes** : dont les bourgeons, au ras du sol, sont enfouis dans des rosettes de feuilles (pissenlits, plantains, iris, etc.).

**Thérophytes** : sont des plantes annuelles qui survivent à l'hiver sous forme de graines.

**Géophytes** : les bourgeons sont souterrains (plantes dont les tiges souterraines sont des rhizomes, des tubercules ou des bulbes).

#### **• Spectre biologique**

Le spectre biologique selon GAUSSEN *et al* (1982), est le pourcentage des divers types biologiques. ROMANE (1987), recommande l'utilisation des spectres biologiques

en tant qu'indicateurs de la distribution des autres caractères morphologiques et probablement des caractères physiologiques.

• **Indice de perturbation**

Cet indice permet l'appréciation de l'état de dégradation des groupements individualisés, il est adapté aux végétations forestières et préforestières méditerranéennes. Il est formulé par la relation de LOISEL et GOMILA (1993)

$$IP = [(\text{Nombre de Chaméphytes} + \text{nombre de Thérophytes}) / \text{Nombre total des espèces}] * 100$$

Pour mieux illustrer la vulnérabilité de ces milieux, nous avons tenté d'introduire l'indice de perturbation. Le calcul de cet indice permet de montrer le degré de thérophysation d'un milieu. Les perturbations causées par l'homme et ses troupeaux sont nombreuses et correspondent à deux situations sévères allant de la matorralisation, steppisation jusqu'à la désertification (BARBERO *et al.*, 1990).

**1.2 Types chorologiques**

La détermination des éléments phytogéographiques des espèces inventoriées est basée sur « Nouvelle flore d'Algérie et des régions désertiques méridionales » de QUEZEL et SANTA (1962-1963) ; et la consultation des travaux de LE HOUEROU (1995).

La biogéographie des flores actuelles est susceptible de fournir de précieux renseignements sur les modalités de leur mise en place, en particulier aux données paléohistoriques (MEZIANE, 1997). Cependant, l'étude phytogéographique constitue également un véritable modèle pour interpréter les phénomènes de régression (OLIVIER *et al.*, 1995). En effet, elle constitue une base essentielle à toute tentative de conservation de la biodiversité (QUEZEL, 1991).

Les types chorologiques adoptés sont :

- **Ensemble méditerranéen**

Méditerranéen (Méd)

Centre-Méditerranéen (C-Méd)

Circum-Méditerranéen (Circum-Méd)

Est-Méditerranéen (E-Méd)

Ouest- Méditerranéen (W-Méd)

Sud-Méditerranéen (Sud-Méd)

Ibéro-Maurétanien (Ibéro-Maur)

Oro- Méditerranéen (Oro-Méd)

**- Endémiques**

Endémique d'Algérie (End)

Endémique nord-africain (End.N.A)

Endémique algéro-marocain (End.Alg.Mar.)

Endémique algéro-tunisien (End.Alg.Tun.)

**- Ensemble septentrionale (Nordique)**

Eurasiatique (Eura)

Paléotempépé (Paléo-temp)

Européen (Euro)

Circumboréale (Circum-bor)

Euro-Sib. Euro-Sibérien

**- Large répartition**

Cosmopolite (Cosm)

Euro-Méditerranéen (Euro- Méd)

Méditerranéo-Atlantique (Méd-Atl)

**1.3 Coefficient d'abondance dominance**

Dans le relevé chaque espèce est accompagnée d'un coefficient d'abondance-dominance traduisant l'importance de chaque espèce dans la communauté étudiée. Depuis BRAUN-BLANQUET (1938), on s'accorde sur l'échelle suivante (LACOSTE et SALANON, 2001) :

5 : nombre d'individus quelconque, recouvrant plus des  $\frac{3}{4}$  de la surface du relevé.

4 : nombre d'individus quelconque, recouvrant entre les  $\frac{3}{4}$  et la moitié de la surface.

3 : nombre d'individus quelconque, recouvrant entre la moitié et le  $\frac{1}{4}$  de la surface.

2 : individus très abondants ou recouvrant au moins  $\frac{1}{4}$  de la surface.

1 : individus assez abondants, mais recouvrement faible.

+ : nombre d'individus et recouvrement très faible.

R : rare.

**1.4 Fréquence relative des espèces**

La fréquence relative est un caractère utilisé dans l'analyse statistique de la végétation. Il s'exprime en pourcentage (%). La fréquence est le rapport entre le nombre de relevées (n) où l'espèce (i) existe sur le nombre total des relevées (N).

En 1920, DURIEZ a proposé 5 classes :

- Classe 1 : espèces très rares ;  $0 < F < 20 \%$



- Classe 2 : espèces rares ;  $20 < F < 40$  %
- Classe 3 : espèces fréquentes ;  $40 < F < 60$  %
- Classe 4 : espèces abondantes ;  $60 < F < 80$  %
- Classe 5 : espèces très constantes ;  $80 < F < 100$  %

### **1.5 Indices de diversité**

Pour comparer la diversité floristique des relevés, nous sommes servis des Indices de Shannon-Weaver  $H'$  et d'équitabilité de Pielou  $E$ . (LEGENDRE et LEGENDRE, 1979 ; DAJOZ, 2003 ; FRONTIER *et al.*, 2008, MARCON, 2013). Ils sont calculés à partir de la contribution spécifique de chaque espèce. L'indice de diversité de Shannon-Weaver est calculé par la formule suivante :

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

Où  $p_i = n_i / N$

$H'$  : Indice de diversité (unité bits)

$p_i$  : La fréquence relative de la catégorie des individus par rapport à 1.

$n_i$  : Nombre total des individus de l'espèce  $i$ .

$N$  : Nombre total de tous les individus

La valeur de  $H'$  varie de 0 quand la communauté n'est composée que d'une seule espèce ( $\log_2 1 = 0$ ) à 4.5 ou 5 bits pour les communautés les plus diversifiées. Les valeurs les plus faibles, inférieures à 1.5 bits, sont associées à des peuplements dominés par une ou quelques espèces (FAURIE *et al.*, 2003).

Pour l'indice d'équitabilité de Pielou  $E$ , Il est obtenu par la formule suivante :

$$E = \frac{H'}{\log_2 S} \quad \text{Ou} \quad E = \frac{H'}{H'_{\max}}$$

Avec

$E$  : L'équitabilité

$H'$  : Indice de diversité de Shannon ;

$H'_{\max} = \log_2 S$  ( $S$  : la richesse spécifique totale).

L'indice d'équitabilité  $E$  permet d'apprécier les déséquilibres que l'indice de diversité ne peut pas connaître. Plus sa valeur a tendance à se rapprocher de un, plus il traduit un peuplement équilibré (LEGENDRE et LEGENDRE, 1979).

Ces indices permettent d'avoir aisément une meilleure idée sur l'état de la diversité biologique d'un écosystème.

### 1.6 Classification ascendante hiérarchique (CAH)

Les méthodes de classification ont pour objectif de constituer des groupes d'individus aussi similaires que possible. Nous appliquerons ces analyses statistiques multivariées qui visent principalement à définir les différents groupements végétaux existant au niveau du massif.

La classification est une méthode de regroupement des individus selon leurs ressemblances. La classification agglomérative (encore appelée classification hiérarchique ascendante) est une méthode de classification dont le principe est de regrouper des individus selon leurs ressemblances et les représenter sous la forme d'un arbre de classification appelé dendrogramme. L'élaboration de cet arbre hiérarchique est ascendante, par regroupements successifs des individus. L'arbre de classification relie un individu à un autre ou à un sous-groupe d'individus issus eux-mêmes de regroupements antérieurs (GLELE KAKAI et al., 2016).

## 2. Résultats et discussions

### 2.1 Composition floristique

L'inventaire floristique effectué a permis de comptabiliser 162 espèces appartenant à 131 genres et 41 familles botaniques, dont 62 espèces ne sont pas signalées dans la liste de la flore du Parc national de Belezma (tableau 1). Ce nombre d'espèces inventoriées peu important n'est pas très exhaustif des stations étudiées.

(S1 station de Kassrou, S2 station de Belkhez, S3 station d'Om rkhaa, S4 station de Nafla, S5 station de Boumerzoug, S6 station d'Ain kerrouche). (\* espèce non signalée). (+) Présence ; (-) Absence.

**Tableau 1** : Liste systématique, des espèces végétales inventoriées dans les chênaies du PNB

| Famille              | Espèce                             | S1 | S2 | S 3 | S 4 | S 5 | S6 |
|----------------------|------------------------------------|----|----|-----|-----|-----|----|
| <b>Anacardiaceae</b> | <i>Pistacia lentiscus</i>          | +  | -  | -   | -   | -   | -  |
| <b>Apiaceae</b>      | <i>Daucus carota L</i>             | +  | -  | -   | -   | -   | +  |
|                      | <i>Thapsia garganica</i>           | +  | +  | -   | -   | +   | +  |
|                      | <i>Eryngium triquetrum</i>         | -  | -  | -   | -   | +   | +  |
|                      | <i>Eryngium campestre</i>          | -  | -  | +   | -   | -   | +  |
|                      | <i>Eryngium dichotomum</i> (*)     | -  | -  | -   | -   | -   | +  |
|                      | <i>Ferula communis</i>             | +  | -  | -   | +   | +   | +  |
| <b>Asteraceae</b>    | <i>Calendula arvensis</i>          | +  | -  | -   | -   | -   | -  |
|                      | <i>Urospermum dalechampii (L.)</i> | +  | +  | +   | +   | -   | -  |
|                      | <i>Launaea nudicaulis</i> (*)      | +  | -  | -   | -   | -   | -  |
|                      | <i>Helichrysum stoechas (L.)</i>   | +  | +  | -   | -   | -   | -  |

### Chapitre 3 : Diagnostic phytoécologique des chênaies du Belezma

|                     |  |   |   |   |   |   |   |
|---------------------|--|---|---|---|---|---|---|
|                     | <i>Moench</i> (*)                      |   |   |   |   |   |   |
|                     | <i>Reichardia picroides</i> (L.) Roth. | + | - | - | - | - | - |
|                     | <i>Onopordum macracanthum</i> (*)      | + | - | - | - | - | - |
|                     | <i>Anthemis tuberculata</i>            | + | - | - | - | - | - |
|                     | <i>Chamaemelum nobile</i> (L.). (*)    | + | - | - | - | - | - |
|                     | <i>Anthemis arvensis</i> (*)           | + | - | - | - | - | + |
|                     | <i>Santolina rosmarinifolia</i>        | + | - | + | - | - | + |
|                     | <i>Centaurea pullata</i>               | + | - | - | - | - | - |
|                     | <i>Centaurea tougourensis</i>          | - | - | - | - | - | + |
|                     | <i>Artemisia campestris</i>            | + | - | - | - | - | - |
|                     | <i>Artemisia herba alba</i>            | - | - | - | - | - | + |
|                     | <i>Carduus eu-pycnocephalus</i> (*)    | + | - | - | - | - | - |
|                     | <i>Atractylis humilis</i> L. (*)       | + | - | - | - | - | - |
|                     | <i>Pallenis spinosa</i>                | + | - | - | - | + | - |
|                     | <i>Santolina chamaecyparissus</i> (*)  | + | - | - | - | - | - |
|                     | <i>Carlina lanata</i> L. (*)           | + | - | - | - | - | - |
|                     | <i>Filago argentea</i> (*)             | + | - | - | - | - | - |
|                     | <i>Hypochaeris glabra</i> (*)          | + | - | + | - | - | + |
|                     | <i>Centaurea nigra</i> (*)             | - | - | + | - | - | - |
|                     | <i>Picris echioides</i> (*)            | - | - | + | - | - | - |
|                     | <i>Picris hieracioides</i> (*)         | - | - | - | + | - | - |
|                     | <i>Carduncellus pinnatus</i>           | - | - | + | - | - | - |
|                     | <i>Scolymus hispanicus</i>             | - | + | + | - | - | - |
|                     | <i>Taraxum officinale</i>              | - | - | + | - | - | - |
|                     | <i>Hypochaeris laevigata</i>           | - | + | + | - | - | - |
|                     | <i>Bellis sylvestris</i>               | - | - | + | - | - | + |
|                     | <i>Jurinea humilis</i>                 | - | - | - | + | - | - |
|                     | <i>Carthamus caeruleus</i> (*)         | - | - | + | - | - | - |
|                     | <i>Carthamus lanatus</i> (*)           | - | - | - | - | - | + |
|                     | <i>Picnomon acrana</i>                 | - | - | + | - | - | - |
|                     | <i>Atractylis caespitosa</i> (*)       | - | - | + | - | - | - |
|                     | <i>Sonchus oleraceus</i> (*)           | - | + | - | - | - | - |
|                     | <i>Crepis vesicaria</i>                | - | - | + | - | - | - |
|                     | <i>Crepis bursifolia</i> (*)           | - | - | + | - | - | - |
|                     | <i>Lapsana communis</i>                | - | - | + | - | - | - |
|                     | <i>Silybum marianum</i>                | - | - | - | + | - | - |
|                     | <i>Taraxacum campylodes</i> (*)        | - | - | + | - | + | + |
|                     | <i>Muscari comosum</i>                 | - | + | + | + | - | - |
| <b>Asparagaceae</b> | <i>Ornithogalum umbellatum</i>         | - | - | + | - | - | - |

### Chapitre 3 : Diagnostic phytoécologique des chênaies du Belezma

|                           |                                  |   |   |   |   |   |   |
|---------------------------|----------------------------------|---|---|---|---|---|---|
|                           | <i>Asparagus acutifolius</i>     | - | + | - | - | - | - |
| <b>Asphodelaceae</b>      | <i>Asphodeline lutea</i>         | - | - | - | + | + | - |
| <b>Brassicaceae</b>       | <i>Erysimum grandiflorum</i>     | + | - | - | - | - | - |
|                           | <i>Sinapis arvensis</i> L        | + | + | + | - | - | - |
|                           | <i>Moricandia arvensis</i>       | + | + | - | - | - | - |
|                           | <i>Eruca vesicaria</i>           | - | - | - | - | + | - |
|                           | <i>Lobularia maritima</i>        | + | + | - | - | - | - |
|                           | <i>Diplotaxis virgata</i>        | - | - | + | - | - | - |
|                           | <i>Sinapis alba</i> (*)          | - | - | + | - | - | - |
| <b>Boraginaceae</b>       | <i>Borago officinalis</i>        | + | + | - | - | - | + |
| <b>Caprifoliaceae</b>     | <i>Scabiosa sp</i>               | - | - | + | - | - | - |
|                           | <i>Lonicera etrusca</i>          | - | - | - | + | - | - |
| <b>Caryophyllaceae</b>    | <i>Paronychia argentea</i> (*)   | + | + | + | - | - | + |
| <b>Cistaceae</b>          | <i>Helianthemum cinereum</i> (*) | + | + | + | - | - | + |
|                           | <i>Cistus salviifolius</i>       | + | - | - | + | - | - |
|                           | <i>Cistus albidus</i> (*)        | + | + | - | + | - | - |
|                           | <i>Fumana thymifolia</i>         | - | - | - | - | + | + |
|                           | <i>Fumana ericoides</i>          | - | - | + | + | + | - |
| <b>Crassulaceae</b>       | <i>Sedum sediforme</i>           | + | + | - | - | + | - |
|                           | <i>Umbilicus rupestris</i> (*)   | - | - | + | - | - | - |
| <b>Cupressacées</b>       | <i>Juniperus oxycedrus</i>       | + | - | + | + | + | - |
|                           | <i>Juniperus phoenicea</i>       | + | - | - | - | + | - |
| <b>Convolvulaceae</b>     | <i>Convolvulus arvensis</i> L    | - | - | - | - | + | - |
| <b>Dioscoreaceae</b>      | <i>Tamus communis</i>            | - | + | - | - | - | - |
| <b>Ephedraceae</b>        | <i>Ephedra major</i> (*)         | - | - | + | - | - | - |
| <b>Fabaceae</b>           | <i>Astragalus armatus</i>        | + | + | + | + | + | + |
|                           | <i>Astragalus echinatus</i> (*)  | - | - | + | - | - | - |
|                           | <i>Anthyllis pallenis</i> (*)    | - | - | - | + | - | - |
|                           | <i>Anthyllis vulneraria</i>      | - | - | - | - | + | - |
|                           | <i>Lathyrus articulatus</i>      | + | - | - | - | - | - |
|                           | <i>Lathyrus setifolius</i>       | - | - | - | + | - | - |
|                           | <i>Coronilla valentina</i> (*)   | + | - | - | - | - | - |
|                           | <i>Ebenus pinnata</i> (*)        | + | + | - | - | - | - |
|                           | <i>Lotus corniculatus</i>        | + | - | + | - | - | - |
|                           | <i>Lotus sp</i>                  | - | - | - | - | + | - |
|                           | <i>Retama sphaerocarpa</i> (L.)  | + | + | - | - | - | - |
|                           | <i>Psoralea bituminosa</i> (*)   | - | - | - | + | - | - |
|                           | <i>Calycotome spinosa</i>        | + | + | + | - | + | + |
| <i>Erinacea anthyllis</i> | +                                | + | + | - | - | + |   |

### Chapitre 3 : Diagnostic phytoécologique des chênaies du Belezma

|                                     |                                       |   |   |   |   |   |   |
|-------------------------------------|---------------------------------------|---|---|---|---|---|---|
|                                     | <i>Medicago lupulina</i>              | + | - | - | - | - | + |
|                                     | <i>Médicago arborea</i> (*)           | - | - | + | - | - | - |
|                                     | <i>Melilotus officinalis</i> (*)      | - | - | - | + | - | - |
|                                     | <i>Genista microcephala</i> (*)       | - | - | - | - | + | - |
|                                     | <i>Coronilla sp</i>                   | - | - | + | - | - | - |
|                                     | <i>Trifolium sp</i>                   | - | - | + | - | - | - |
| <b>Fumariaceae</b>                  | <i>Fumaria sp</i>                     | + | - | - | - | - | - |
| <b>Fagaceae</b>                     | <i>Quercus ilex</i>                   | + | + | + | + | + | + |
|                                     | <i>Geranium rotundifolium</i>         | - | - | + | - | - | - |
| <b>Geraniaceae</b>                  | <i>Erodium cicutarium</i> (*)         | - | - | + | - | - | - |
|                                     | <i>Erodium sp</i>                     | - | + | - | - | - | - |
| <b>Globulariaceae</b>               | <i>Globularia alypum</i>              | + | + | - | - | - | - |
|                                     | <i>Marrubium sp</i>                   | - | - | + | - | - | - |
|                                     | <i>Teucrium pseudochamaepitys</i> (*) | - | - | + | - | - | - |
| <b>Juncaceae</b>                    | <i>Juncus conglomeratus</i> (*)       | - | + | - | - | - | - |
| <b>Lamiaceae</b>                    | <i>Ajuga iva</i> (L.) (*)             | + | - | - | - | - | - |
|                                     | <i>Thymus ciliatus</i>                | + | - | - | - | - | - |
|                                     | <i>Rosmarinus officinalis</i> L       | + | - | - | - | - | - |
|                                     | <i>Stachys ocymastrum</i> (*)         | - | - | - | + | - | - |
|                                     | <i>Prasium majus</i> (*)              | + | + | - | - | - | - |
|                                     | <i>Salvia officinalis</i> (*)         | + | - | - | - | - | - |
|                                     | <i>Salvia verbenaca</i>               | + | - | + | + | - | - |
|                                     | <i>Teucrium polium</i>                | + | - | + | - | + | - |
|                                     | <i>Thymus algeriensis</i>             | + | + | + | - | + | + |
|                                     | <i>Marrubium vulgare</i>              | + | + | - | - | + | - |
| <b>Liliaceae</b>                    | <i>Tulipa sylvestris</i> L. (*)       | + | + | - | - | - | - |
|                                     | <i>Smilax aspera</i> L (*)            | + | - | - | - | - | - |
|                                     | <i>Muscari comosum</i> (L.) Mill.     | + | - | - | - | - | - |
|                                     | <i>Asparagus acutifolius</i>          | + | - | - | - | - | - |
|                                     | <i>Ornithogalum algeriensis</i> (*)   | + | - | - | - | - | - |
|                                     | <i>Asphodelus microcarpus</i>         | + | - | - | + | - | - |
|                                     | <i>Asphodelus ramosus</i> (*)         | - | - | + | - | - | - |
|                                     | <i>Asphodelus aestivus</i> brot (*)   | - | - | + | - | - | - |
| <b>Malvaceae</b>                    | <i>Malva sylvestris</i> L             | + | - | - | - | + | - |
|                                     | <i>Malva arborea</i>                  | - | - | - | + | - | - |
| <b>Moraceae</b>                     | <i>Ficus carica</i> L                 | + | + | - | + | - | - |
| <b>Nitrariaceae(Zigophyllaceae)</b> | <i>Pegamum harmala</i> (*)            | + | + | - | - | - | - |

### Chapitre 3 : Diagnostic phytoécologique des chênaies du Belezma

|                         |                                    |   |   |   |   |   |   |
|-------------------------|------------------------------------|---|---|---|---|---|---|
| <b>Orobanchaceae</b>    | <i>Orobanche sanguinea</i> (*)     | + | - | - | - | - | - |
|                         | <i>Orobanche hederæ</i> (*)        | - | + | - | + | - | - |
| <b>Oleaceae</b>         | <i>Jasminum fruticans</i> L.       | + | + | - | + | - | - |
|                         | <i>Olea europæa</i>                | + | - | - | - | - | + |
|                         | <i>Phillyrea media</i>             | + | - | - | - | - | - |
|                         | <i>Fraxinus xanthoxyloides</i>     | - | - | - | - | + | - |
|                         | <i>Fraxinus dimorpha</i>           | - | - | + | - | - | + |
| <b>Papilionaceae</b>    | <i>Coronilla valentina</i> L (*)   | - | + | - | - | - | - |
| <b>Pinaceae</b>         | <i>Pinus halepensis</i> Mill       | + | + | - | - | - | - |
|                         | <i>Cedrus atlantica</i>            | - | - | - | - | - | + |
| <b>Plantaginaceae</b>   | <i>Plantago lanceolata</i>         | + | - | - | - | + | + |
|                         | <i>Plantago albicans</i> .L (*)    | + | - | - | - | - | + |
|                         | <i>Linaria heterophylla</i> (*)    | - | - | - | + | - | - |
| <b>Primulaceae</b>      | <i>Anagallis foemina</i> (*)       | + | - | - | + | - | - |
| <b>Polygonaceae</b>     | <i>Rumex Conglomeratus</i> (*)     | + | - | - | - | - | - |
| <b>Poaceae</b>          | <i>Ampelodesmos mauritanicus</i>   | + | - | + | - | - | + |
|                         | <i>Hordeum murinum</i> L.          | + | - | - | - | - | - |
|                         | <i>Bromus rubens</i> (*)           | + | - | - | - | - | - |
|                         | <i>Bromus hordeaceus</i> (*)       | - | + | - | + | - | - |
|                         | <i>Cynosurus elegans</i>           | - | + | - | - | - | - |
|                         | <i>Festuca rubra</i> (*)           | - | - | - | + | - | - |
|                         | <i>Stipa tenacissima</i>           | + | - | + | - | + | + |
|                         | <i>Stipa retorta</i> (*)           | - | + | - | - | - | - |
|                         | <i>Poa bulbosa</i>                 | - | - | + | - | - | + |
|                         | <i>Scleropoa rigida</i> (*)        | - | + | - | - | - | - |
| <b>Ranunculaceae</b>    | <i>Adonis aestivalis</i> L         | + | - | - | - | - | - |
| <b>Resedaceae</b>       | <i>Reseda alba</i>                 | + | + | - | - | + | - |
| <b>Rhamnaceae</b>       | <i>Ziziphus lotus</i> (*)          | + | + | - | - | - | - |
|                         | <i>Rhamnus alaternus</i>           | - | - | + | - | - | - |
| <b>Rosaceae</b>         | <i>Rosa canina</i>                 | + | - | - | + | + | + |
|                         | <i>Rosa sempervirens</i> L         | - | - | - | - | - | + |
|                         | <i>Rubus ulmifolius</i>            | + | + | - | - | + | - |
|                         | <i>Crataegus monogyna</i>          | - | + | - | - | - | + |
| <b>Rubiaceae</b>        | <i>Galium tricornerutum</i> (*)    | - | - | + | - | + | + |
| <b>Salicaceae</b>       | <i>Salix pedicellata</i>           | - | - | - | + | - | - |
| <b>Scrophulariaceae</b> | <i>Scrophularia</i> sp             | - | - | - | + | - | - |
|                         | <i>Verbascum rotundifolium</i> (*) | - | - | - | + | - | - |

## 2.2 Répartition des espèces inventoriées par famille

L'analyse floristique des relevés a montré que la famille des Asteraceae domine avec 40 espèces, suivie par les Fabaceae avec 20 espèces, les Lamiaceae et Poaceae en troisième position avec 10 espèces, la quatrième position revient à la famille des Liliaceae avec 8 espèces et en cinquième position les Brassicaceae avec 7 espèces. Ces six familles sont parmi les plus riches en termes de genres et d'espèces dans la composition taxonomique et sont bien représentées dans les régions méditerranéennes (LE HOUEROU, 1995). Le reste des familles ne sont représentées que par cinq ; quatre ; trois ; deux et une seule espèce, (tableau 2).

**Tableau 2 :** Répartition de nombre d'espèces par famille

| <b>Familles</b>        | <b>Nombre d'espèces</b> |
|------------------------|-------------------------|
| <b>Anacardiaceae</b>   | 1                       |
| <b>Apiaceae</b>        | 6                       |
| <b>Asteraceae</b>      | 40                      |
| <b>Asparagaceae</b>    | 3                       |
| <b>Asphodelaceae</b>   | 1                       |
| <b>Brassicaceae</b>    | 7                       |
| <b>Boraginaceae</b>    | 1                       |
| <b>Caprifoliaceae</b>  | 2                       |
| <b>Caryophyllaceae</b> | 1                       |
| <b>Cistaceae</b>       | 5                       |
| <b>Crassulaceae</b>    | 2                       |
| <b>Cupressacées</b>    | 2                       |
| <b>Convolvulaceae</b>  | 1                       |
| <b>Dioscoreaceae</b>   | 1                       |
| <b>Ephedraceae</b>     | 1                       |
| <b>Fabaceae</b>        | 20                      |
| <b>Fumariaceae</b>     | 1                       |
| <b>Fagaceae</b>        | 1                       |
| <b>Geraniaceae</b>     | 3                       |
| <b>Globulariaceae</b>  | 3                       |
| <b>Juncaceae</b>       | 1                       |
| <b>Lamiaceae</b>       | 10                      |
| <b>Liliaceae</b>       | 8                       |
| <b>Malvaceae</b>       | 2                       |
| <b>Moraceae</b>        | 1                       |

|                                     |    |
|-------------------------------------|----|
| <b>Nitrariaceae(Zigophyllaceae)</b> | 1  |
| <b>Orobanchaceae</b>                | 2  |
| <b>Oleaceae</b>                     | 5  |
| <b>Papilionaceae</b>                | 1  |
| <b>Pinaceae</b>                     | 2  |
| <b>Plantaginaceae</b>               | 3  |
| <b>Primulaceae</b>                  | 1  |
| <b>Polygonaceae</b>                 | 1  |
| <b>Poaceae</b>                      | 10 |
| <b>Ranunculaceae</b>                | 1  |
| <b>Resedaceae</b>                   | 1  |
| <b>Rhamnaceae</b>                   | 2  |
| <b>Rosaceae</b>                     | 4  |
| <b>Rubiaceae</b>                    | 1  |
| <b>Salicaceae</b>                   | 1  |
| <b>Scrofulariaceae</b>              | 2  |

En comparant nos résultats avec ceux de la flore nationale, la famille des Asteraceae est la famille botanique la plus importante en Algérie, puisqu'elle contient 408 espèces réparties dans 109 genres (QUEZEL et SANTA, 1963). Ces résultats sont similaires à ceux rapportés par HSEINI *et al.* (2007) qui ont noté que la famille des Astéraceae occupe toujours la première place avec 601 espèces dans la flore spontanée du Maroc (IBN TATTOU, 1987 in HSEINI *et al.* 2007) et par DAHMANI (1996), dans leurs travaux sur les forêts de Chênes verts d'Algérie. GHARZOULI et DJELLOULI (2005) ont également obtenu les mêmes résultats dans leur étude des formations forestières et préforestières de la Kabylie des Babors où la famille des Asteraceae est bien représentée. La richesse de la famille des Asteraceae en nombre d'espèces a également été mise en évidence par CHAIRA et AIT MEDJBER (2010). La famille des Fabaceae a été enregistrée en deuxième position, ce qui indique des preuves d'activités anthropogéniques, en particulier le surpâturage.

La présence des espèces qui présentent des recouvrements importants, appartiennent aux familles de : Poaceae (*Bromus hordeaceus*, *Hordeum murinum L.*, *Ampelodesma mauritanicum*, *Stipa tenacissima*), Asteraceae, (*Bellis sylvestris*).

La présence de ces espèces témoigne d'une roche mère calcaire et d'une ambiance thermique chaude car ce sont des espèces qui préfèrent des endroits secs et chauds sur calcaire (BAYER *et al.* 1998). D'après KADIK (1984), les espèces à écologie voisine



se regroupent ensemble ; parallèlement les relevés s'assemblent entre eux lorsqu'ils ont un grand nombre d'espèces en commun, c'est à- dire d'autant plus qu'ils présentent des conditions écologiques voisines.

### **2.3 Répartition par types et spectres biologiques**

Les caractéristiques des types biologiques végétaux sont en relation étroite avec les conditions environnementales et le degré de perturbation des communautés végétales (BEGHAMI *et al.* 2013). D'après nos résultats, le schéma de répartition des types biologique des stations d'Ain kerrouche et Boumerzoug est le suivant :

Hémicryptophytes < Phanérophytes < chaméphytes < Thérophytes < Géophytes, (figure 2).

La composition du spectre végétal de la station de Kassrou montre une prédominance des hémicryptophytes sur les chaméphytes, les thérophytes, les phanérophytes et les géophytes, (figure 2).

Pour la station de Belkhez la dominance revient aux chaméphytes par le schéma suivant :

Chaméphytes < Hémicryptophytes < Thérophytes < Phanérophyte < Géophytes, (figure 2).

A la station d'Om rkhaa, la répartition des types biologiques est la suivante :

Hémicryptophytes < Thérophytes < Chaméphytes < Phanérophytes < Géophytes, (figure 2).

L'analyse des types biologiques de la flore de Nafla met en évidence la dominance des hémicryptophytes avec le schéma suivant :

Hémicryptophytes < Thérophytes < Phanérophyte < Chaméphytes < Géophytes, (figure 2).

Les stations étudiées (Ain Kerrouche ; Boumerzoug ; Kassrou ; Om rkhaa ; Nafla) présentent une prédominance d'hémicryptophytes avec (43, 45, 30,33 ,31%), sauf la station de Belkhez qui est dominée par les chaméphytes avec (29 %) de taxons.

Chapitre 3 : Diagnostic phytoécologique des chênaies du Belezma

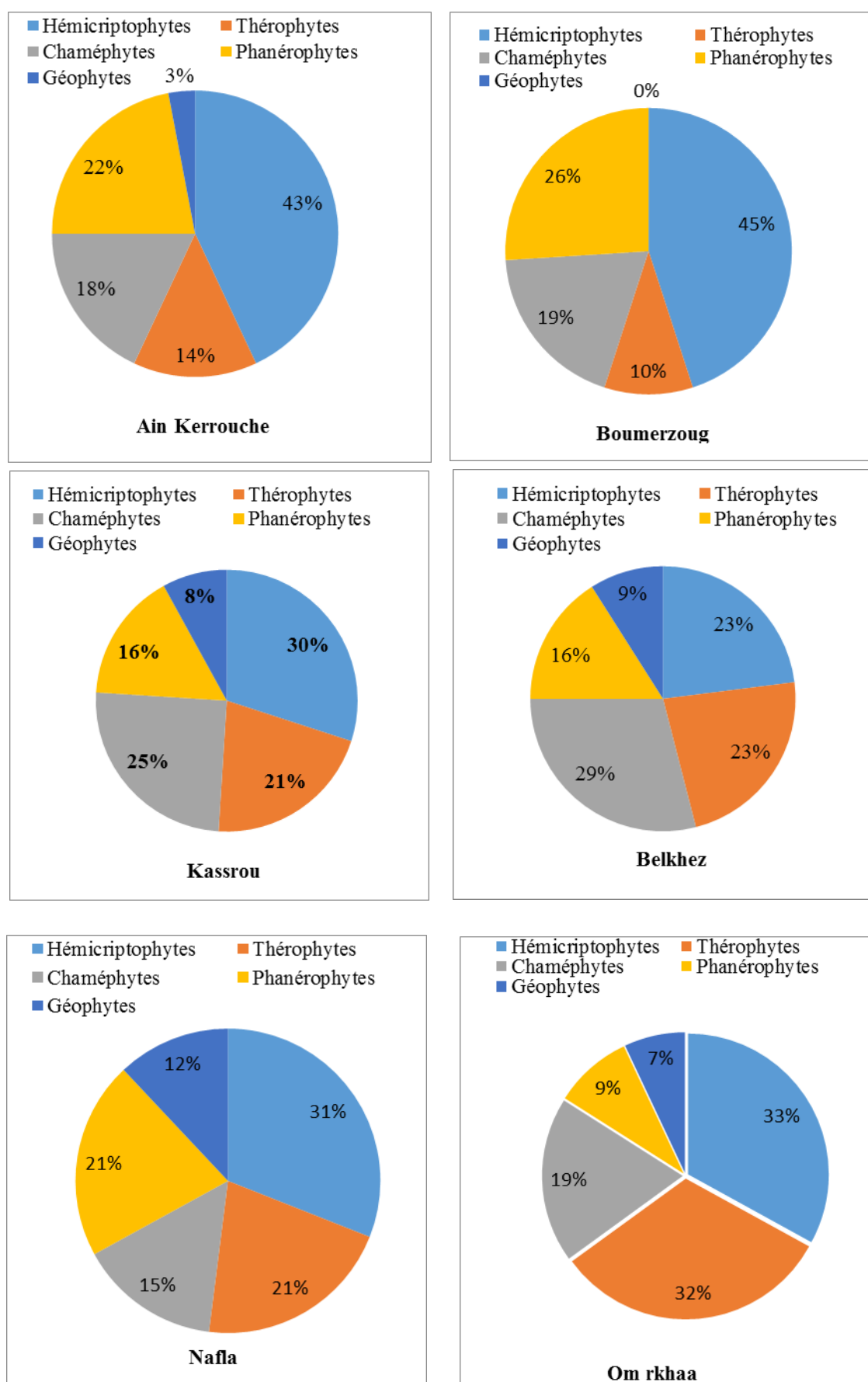


Figure 2 : Spectre biologique de la flore recensée des stations étudiées

Selon BARBERO *et al.* (1990), l'abondance des hémicryptophytes dans les pays du Maghreb est attribuée à la présence de matière organique, à l'humidité du sol, à la pluviométrie et aux conditions de froid (FLORET *et al.*, 1990 in BEGHAMI, 2013). Les rigueurs climatiques et l'instabilité structurales du sol favorisent le développement des espèces à cycle de vie courte.

Nos résultats sont en accord avec ceux de DAHMANI (1996), qui ont noté que les hémicryptophytes dominent dans les milieux forestiers d'altitude.

Les chaméphytes occupent la deuxième place à la station de Kassrou avec (25 %) des espèces et la troisième place aux stations d'Ain kerrouche et Boumerzoug d'Om rkhaa avec (18,19,19 %) et la quatrième place pour la station de Nafla avec (15%) des espèces. Les chaméphytes jouent un rôle important dans les formations végétales de notre région d'étude, notamment dans les Matorrals. Ils sont bien adaptés aux conditions de sécheresse estivale par rapport aux phanérophytes, comme l'ont souligné DANIN et ORSHAN (1990). Les chaméphytes, photophiles et xérophiles, sont généralement absents des milieux humides (DAHMANI, 1997).

Les thérophytes occupent la quatrième position pour les deux stations D'Ain kerrouche et Boumerzoug avec (14,10%) de taxons. Et la troisième place à la station de Kassrou avec (21 %) des espèces. Aux stations de Belkhez et d'Om rkhaa et Nafla ; elles occupent la deuxième place avec (23, 32,21)% des espèces. FLORET et PONTANIER (1982) soulignent que plus un écosystème n'est influencé par l'homme (surpâturage, culture), plus les thérophytes prennent de l'importance. Cette prépondérance des thérophytes est conjointement liée à la pluviométrie saisonnière et à l'action de l'homme et des incendies qui caractérisent la zone méditerranéenne. La forte abondance des thérophytes indique une forte pression anthropique (BENABDELLAH *et al.* 2010). Les exemples de thérophytes rencontrés comprennent *Pallenis spinosa*, *Bromus rubens*, et *Borago officinalis*. Ces espèces montrent également une résistance aux périodes sèches et aux températures élevées. En outre, FLORET *et al.* (1990) soulignent qu'à mesure qu'un système est moins influencé par les activités humaines telles que le surpâturage et la culture, la prééminence des thérophytes augmente. Cependant, on observe une diminution relative du nombre de thérophytes par rapport aux formations pré-forestières, malgré leur présence globalement élevée.

### **Chapitre 3 : Diagnostic phytoécologique des chênaies du Belezma**

Par contre, les phanérophytes et les géophytes sont moins représentées, avec environ (22,26, 16, 16, 9,21 %), des phanérophytes respectivement aux stations : Ain kerrouche, Boumerzoug, Kassrou, Belkhez, Om rkhaa et Nafla. Ce qui traduit le degré de l'ouverture du milieu d'une part et la dégradation des formations forestières et pré forestières d'autre part. Pour les mêmes stations, les pourcentages de géophytes sont respectivement de (3, 0,8, 9, 7,12 %). Selon KADI-HANIFI (2003), le nombre de géophytes diminue avec l'augmentation de l'aridité et de l'ouverture de l'habitat. GILBERT *et al.* (1996) notent également que certaines géophytes sont très sensibles aux perturbations environnementales. DAHMANI (1996), souligne que si les géophytes peuvent être moins diversifiés dans les milieux dégradés, ils peuvent encore être représentés dans certains cas de manière mono spécifique. Dans les milieux dégradés, tels que ceux affectés par le surpâturage ou les incendies répétés, les géophytes peuvent s'établir et dominer grâce à l'abondance de leur couverture (DAHMANI, 1996).

**Tableau 3 : Indice de perturbation IP (%) des stations étudiées**

| <b>Stations</b>      | <b>IP (%)</b> |
|----------------------|---------------|
| <b>Ain kerrouche</b> | 86,48         |
| <b>Boumerzoug</b>    | 29,03         |
| <b>Kassrou</b>       | 45,78         |
| <b>Belkhez</b>       | 52,27         |
| <b>Om rkhaa</b>      | 50            |
| <b>Nafla</b>         | 36,36         |

D'après les résultats montrés dans le tableau 3, le taux le plus élevé est enregistré à la station d'Ain kerrouche suivi par les stations de Belkhez et Om rkhaa. Les autres stations de Kassrou, Nafla, Boumerzoug présentent des taux un peu faibles par rapport aux premières stations. Mais dans l'ensemble le degré de thérophysation reste élevé dans les stations étudiées (**50%**), indiquant ainsi un milieu perturbé.

L'origine de l'extension des thérophytes est due en grandes parties :

Soit à l'adaptation, à la contrainte du froid hivernal (RANKIAER 1934, OZENDA 1963) où la sécheresse estivale (NEGRE 1966, DAGET 1980).

Soit aux perturbations du milieu par le pâturage, les cultures (GRIME 1977).

La réduction du couvert végétal par surpâturage s'accompagne par le changement de la composition floristique, ce changement est attesté par l'expansion des espèces non

palatables (*Asphodelus microcarpus*, *Ferula communis*, *Thapsia garganica* ...). L'élimination ou la réduction des espèces pérennes par le surpâturage, comme étant l'essentiel facteur de dégradation en Afrique du Nord, déclenche le phénomène de la désertification.

En fait, un indice de perturbation plus élevé signifie un environnement plus perturbé (BEGHAMI, 2013). La thérophysation des formations forestières est associée à l'invasion généralisée par des espèces annuelles, souvent subnitrophiles et dispersées principalement par les troupeaux de bétail (BARBERO *et al.* 1990). La valeur de l'indice de perturbation dépend largement de la dominance des thérophytes. Dans la région du Maghreb, l'expansion du degré d'ouverture de la végétation est un facteur de perturbation.

#### **2.4 Répartition par types chorologiques**

L'analyse des types chorologiques établie pour les stations étudiées montre la dominance des espèces méditerranéennes.

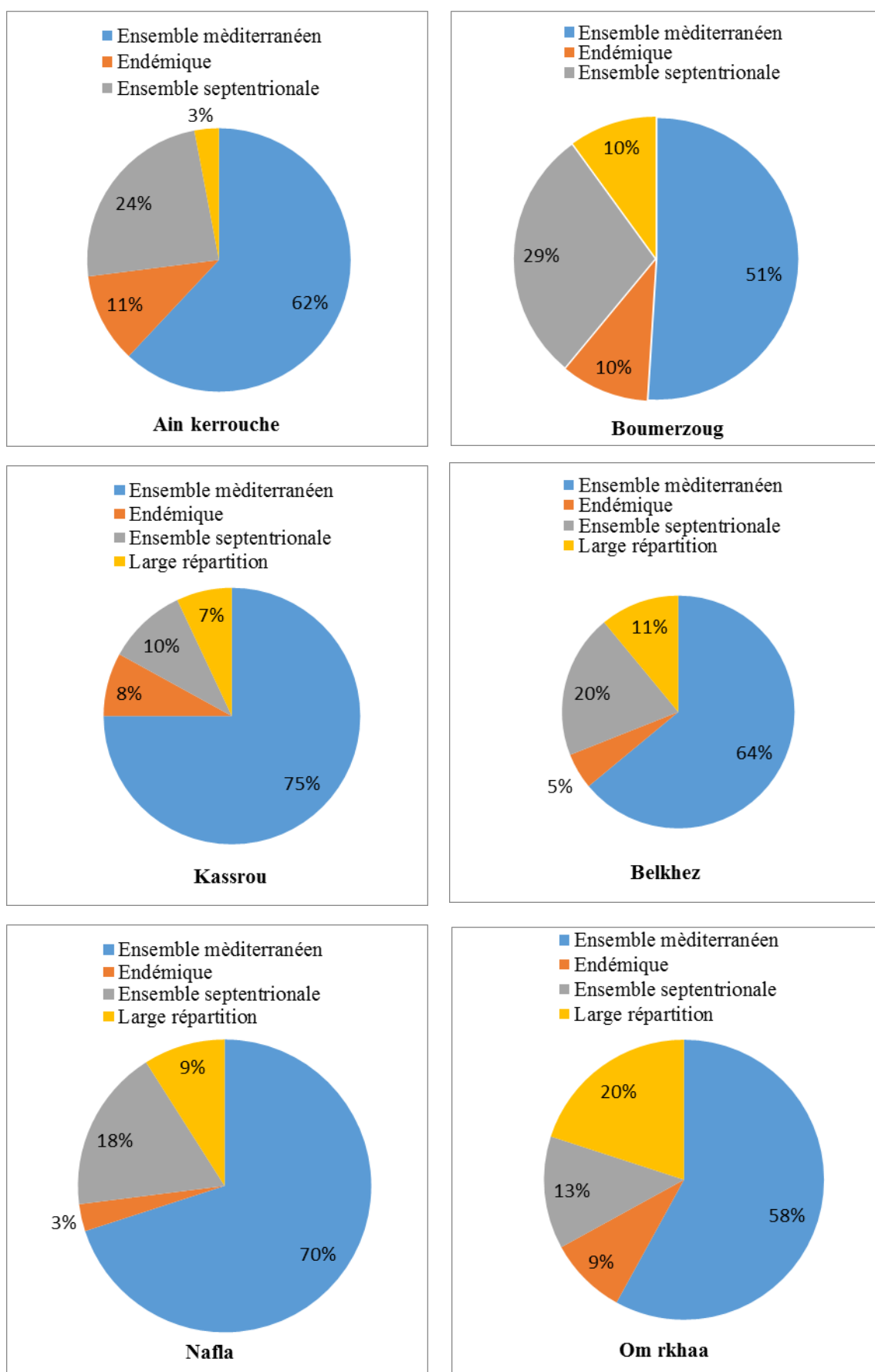


Figure 3 : Spectre chorologique de la flore recensée des stations étudiées

QUEZEL (2000) explique l'importance de la diversité biogéographique de l'Afrique méditerranéenne par les modifications climatiques durement subies dans cette région depuis le Miocène entraînant des migrations d'une flore tropicale. RUELLAN (1970) souligne qu'une étude phytogéographique constitue une base essentielle à toute tentative de conservation de la biodiversité.

Les six stations d'étude abrite un cortège floristique très riche au plan biogéographique méditerranéen, west-méditerranéen, paléo tempéré, eurasiatique...etc.).

**Station Ain Kerrouche :** Les espèces d'origine biogéographique Méditerranéenne (62%) sont largement répandues, viennent ensuite les espèces Septentrionale (24%) puis les espèces Endémique (11 %), enfin le reste des espèces à large répartition avec taux faible (3%), (figure 3).

**Station Boumerzoug :** Elle est dominée par une aire biogéographique méditerranéenne (51%), ensuite les espèces Septentrionale (29%), puis les espèces à large répartition et Endémique (10%), (figure 3).

**Station Kassrou :** Il ya toujours une dominance des espèces à aire biogéographique Méditerranéenne (75%), suivies par des espèces Septentrionale (10%), et Endémique (8%), enfin le reste des espèces à large répartition avec taux (7%),(figure 3).

**Station Belkhez :** les espèces d'origine Méditerranéenne domine par (64%), les types Septentrionale (20%) ,et à large répartition (11%), le reste Endémique avec (5%),(figure 3).

**Station Om rkhaa :** Il ya une forte propagation des espèces à aire biogéographique méditerranéenne (58%),ensuite les espèces Septentrionale (13%), et les espèces à distribution Endémique et à large répartition (9%),(figure 3).

**Station Nafla :** La dominance revient aux espèces à aire biogéographique Méditerranéenne avec (70%), ensuite les espèces Septentrionale (18%), puis les espèces à large répartition (9%), le reste Endémique avec un taux faible (3%),(figure 3).

L'analyse phytogéographique révèle que les stations étudiées sont majoritairement influencées par l'élément méditerranéen. Ces chiffres confirment bien l'appartenance du territoire étudié à la flore méditerranéenne (QUEZEL, 1979). Selon Maire (1928), l'élément nordique s'est introduit en Afrique du nord lors de périodes humides plus anciennes que le quaternaire, à travers deux voies de migration, une voie ibérique et une voie italienne. Les espèces à large répartition sont aussi bien représentées, pour les

espèces endémique sont faiblement représentés. Mais malgré leurs faibles participations, elles contribuent à la diversité et à la richesse du potentiel phylogénétique de la zone d'étude et subventionne la richesse des essences en région méditerranéenne (QUEZEL *et al.* 1999).

L'analyse de cette flore et de ses caractères chronologiques permettraient de mettre en évidence son originalité floristique, son état de conservation et par conséquent, sa valeur patrimoniale (DAHMANI, 1996). Elle est susceptible de fournir de précieux renseignements sur les modalités de sa mise en place (QUEZEL, 1978 ; QUEZEL, 1985). Cette dominance de l'élément méditerranéen semble être en concordance avec le résultat obtenu par BRAUN-BLANQUET, (1934), sur l'ensemble de la flore marocaine, où les deux-tiers sont d'origine méditerranéenne. Ces observations sont soutenues aussi par QUEZEL (2000) pour l'ensemble des pays d'Afrique du Nord. Nos résultats sont cohérents avec ceux de YAHY *et al.* (2008), qui ont trouvé une dominance similaire de l'élément méditerranéen dans les forêts de cèdres examinées des régions du Tellian et de l'Atlas saharien. Ce schéma est commun dans la plupart des écosystèmes naturels en Algérie (QUEZEL, 1964, 2002) et dans tout le bassin méditerranéen (QUEZEL et BARBERO, 1990 ; QUEZEL et MEDAIL, 2003).

La répartition de la flore suivant les types biologiques, et types chorologiques des stations étudiées est établie dans (l'annexe 1).

### **2.5 Indices de diversité, équitabilité**

La richesse totale la plus élevée est notée au niveau de la station de Kassrou avec 83 espèces, dans laquelle est enregistré aussi l'indice de diversité de Shannon qui montre que cette station abrite les peuplements les plus diversifiés avec une valeur de 5,99 bits, (tableau 4).

**Tableau 4 :** Richesse totale (S), Indice de diversité de Shannon (H'), Indice d'équitabilité (E) des espèces recensées dans les six stations d'étude.

| <b>Paramètres de diversité</b> | <b>Ain kerrouche</b> | <b>Boumerzoug</b> | <b>Kassrou</b> | <b>Belkhez</b> | <b>Om rkhaa</b> | <b>Nafla</b> |
|--------------------------------|----------------------|-------------------|----------------|----------------|-----------------|--------------|
| <b>S</b>                       | 37                   | 31                | 83             | 44             | 54              | 33           |
| <b>H'</b>                      | 5,07                 | 4,82              | 5,99           | 5,27           | 5,46            | 4,78         |
| <b>E</b>                       | 0,97                 | 0,97              | 0,94           | 0,96           | 0,94            | 0,94         |



Cet indice atteint des valeurs importantes qui varient de 4,78 à 5,99 bits et qui ont été enregistré dans les six stations étudiées pour une richesse totale de 31 à 83 espèces. (Tableau 4).

Cette variation est en rapport avec le nombre d'individus de chaque espèce. Donc, un indice de Shannon élevé correspond à des conditions de milieu favorables permettant l'installation de nombreuses espèces représentées par un grand nombre d'individus. Plus la valeur de l'indice  $H'$  est élevée, plus la diversité est grande en qualité et quantité.

L'équitabilité est élevée dans les stations étudiées avec des valeurs qui varient de 0,94 à 0,97 %, qui reflète que les peuplements échantillonnés sont bien équilibrés (tableau 4).

Ces valeurs élevées ont révélé un grand équilibre entre les populations végétales recensées dans la chênaie des stations étudiées et que cet écosystème est richement diversifié.

## **2.6 Abondance dominance**

D'après les résultats obtenus on constate que les espèces inventoriées dans toutes les stations étudiées sont réparties d'une manière inégale sur l'ensemble des relevés étudiés.

Cette inégalité de répartition des espèces a été mentionnée par (GAUSSEN, 1954 in MENTOUZ et MEGHCHOUCHE, 2012), cette inégalité s'explique par la différence des facteurs écologiques des relevés, d'ordre physiques (altitude, pente...) climatiques (lumière, température, précipitations...) et édaphiques.

Nous n'avons constaté que seul les deux espèces : *Quercus ilex*, *Juniperus oxycedrus*, se trouvent dans tous les relevés effectués au niveau des stations étudiées.

L'analyse de la liste des espèces qui ont un taux de recouvrement le plus élevé de 50%, c'est le *Quercus ilex* appartenait aux phanérophytes qui fait l'objet de notre étude.

## 2.7 Fréquences relatives des espèces inventoriées

**Tableau 5 :** Fréquences relatives des espèces végétales recensées dans les stations étudiées. S : Nombre d'espèce, % : Fréquence

| Fréquences              | Ain Kerrouche |             | Boumerzoug |             | Kassrou   |             | Belkhez   |             | Nafla     |             | Om rkhaa  |             |
|-------------------------|---------------|-------------|------------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|
|                         | S             | %           | S          | %           | S         | %           | S         | %           | S         | %           | S         | %           |
| Espèces très rares      | 12            | 33%         | 10         | 32%         | 27        | 32%         | 29        | 66%         | 18        | 55%         | 11        | 20%         |
| Espèces rares           | 15            | 41%         | 11         | 36%         | 26        | 31%         | 10        | 23%         | 9         | 27%         | 30        | 56%         |
| Espèces fréquentes      | 6             | 16%         | 7          | 23%         | 16        | 19%         | 4         | 9%          | 3         | 9%          | 7         | 13%         |
| Espèces abondantes      | 2             | 5%          | 1          | 3%          | 7         | 9%          | 0         | 0%          | 2         | 6%          | 2         | 4%          |
| Espèces très constantes | 2             | 5%          | 2          | 6%          | 7         | 9%          | 1         | 2%          | 1         | 3%          | 4         | 7%          |
| <b>Total</b>            | <b>37</b>     | <b>100%</b> | <b>31</b>  | <b>100%</b> | <b>83</b> | <b>100%</b> | <b>44</b> | <b>100%</b> | <b>33</b> | <b>100%</b> | <b>54</b> | <b>100%</b> |

L'analyse de la fréquence relative des espèces, met en évidence 5 classes pour les stations d'étude. D'après le tableau 5, la classe des fréquences des espèces rares et très rares sont les plus représentée dans les six stations étudiées. Parmi les espèces les plus constantes sont ; *Quercus ilex*, *Juniperus oxycedrus*.

La rareté d'un taxon correspond à sa fréquence à l'échelle d'un territoire donné. Une espèce très rare sur un territoire doit être considérée comme vulnérable car le nombre réduit des stations qui l'abritent constitue en soi un élément de précarité et l'expose plus fortement à un risque de disparition (BRISSE *et al.* 1995 ; GILLET, 2000). La majorité des espèces répertoriées sont rares ou très rares. Selon GEGOUT, (1995), la rareté d'une espèce peut être attribuée à trois raisons : soit elle est caractéristique présente dans un milieu autre que celui étudié ; soit elle est naturellement rare et se trouve rarement dans différentes conditions écologiques ; soit elle présente une écologie très spécifique, se rencontrant fréquemment dans un éventail de milieux très restreint et absente ailleurs. Les espèces rares sont généralement caractérisées par une faible abondance et/ou une distribution géographique limitée. La spécificité de leur habitat, leur originalité taxonomique et leur persistance temporelle sont également des critères pertinents dans la définition de la rareté (QUEZEL et MEDAIL, 2003).

En ce qui concerne le Nord de l'Algérie (à l'exclusion du Sahara), 1630 taxons sont qualifiés de rares, dont 1034 espèces, 431 sous-espèces et 170 variétés. Dans l'ensemble du pays, le nombre de taxons rares s'élève à 1818 (1185 espèces, 455 sous-espèces et 178 variétés) (VELA et BENHOUBOU, 2007). Ces taxons nécessitent une protection,

sans laquelle ils risquent de disparaître, d'autant plus qu'ils ne sont pas inclus dans la liste des espèces protégées.

## 2.8 La classification ascendante hiérarchique

La délimitation des ensembles de relevés, ainsi que leur constitution, ont été largement facilitées par la classification hiérarchique ascendante (CAH).

La CAH appliquée aux données floristiques a permis d'identifier les différents groupes présents aux seins de relevés floristiques distinctes et c'est à partir de la classification qu'on a pu dégager des groupements végétaux de la zone d'étude.

### 2.8.1 CAH Ain Kerrouche

On a distingué 04 groupes, au niveau de la station D'Ain Kerrouche avec une richesse de 37 espèces, ce qui signifie que la végétation de cette station d'étude est très diversifiée, (figure 4).

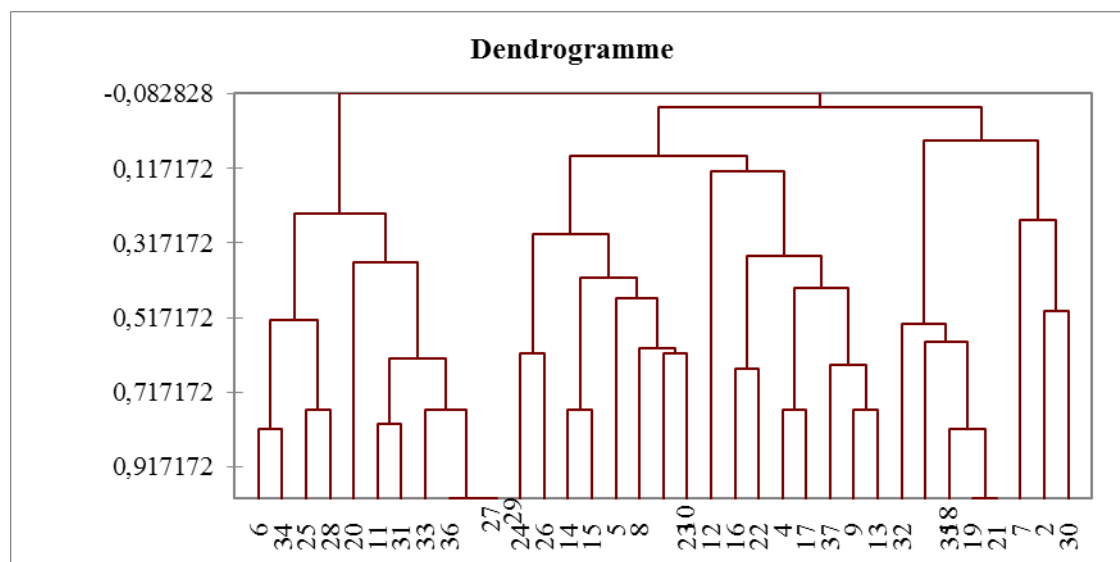


Figure 4 : Dendrogramme de la classification ascendante hiérarchique appliquée à la distribution des espèces végétales d'Ain Kerrouche.

#### - Groupe 1

Ce groupe contient 11 espèces : *Thapsia garganica*, *Thymus algeriensis*, *Borago officinalis*, *Erinacea anthyllis*, *Santolina rosmarinifolia*, *Eryngium triquetrum*, *Bellis sylvestris*, *Poa bulbosa*, *Medicago lupulina*, *Galium tricorntum*, *Daucus carota*.

Ce groupe contient des espèces hémicryptophytes, ce qui explique la présence des espèces de la strate herbacée, parmi ces espèces : *Thapsia garganica*, *Poa bulbosa*, *Daucus carota*, qui se traduit par l'effet de la pluviosité et du froid, et la richesse du sol en matière organique.

**- Groupe 2**

Ce groupe contient 08 espèces : *Plantago albicans*.L, *Crataegus monogyna*, *Carthamus lanatus*, *Hypochaeris glabra*, *Ferula communis*, *Artemisia herba alba*, *Eryngium dichotomum*, *Plantago lanceolata*.

**- Groupe 3**

Ce groupe contient 08 espèces : *Centaurea tougourensis*, *Stipa tenacissima*, *Astragalus armatus*, *Ampelodesmos mauritanicus*, *Rosa canina*, *Fumana thymifolia*, *Eryngium campestre*, *Anthemis arvensis*.

La présence des espèces tels que *Stipa tenacissima* et *Ampelodesmos mauritanicus* indique que le groupe est thermophile et qui témoignent une relative dégradation du milieu surtout par le surpâturage.

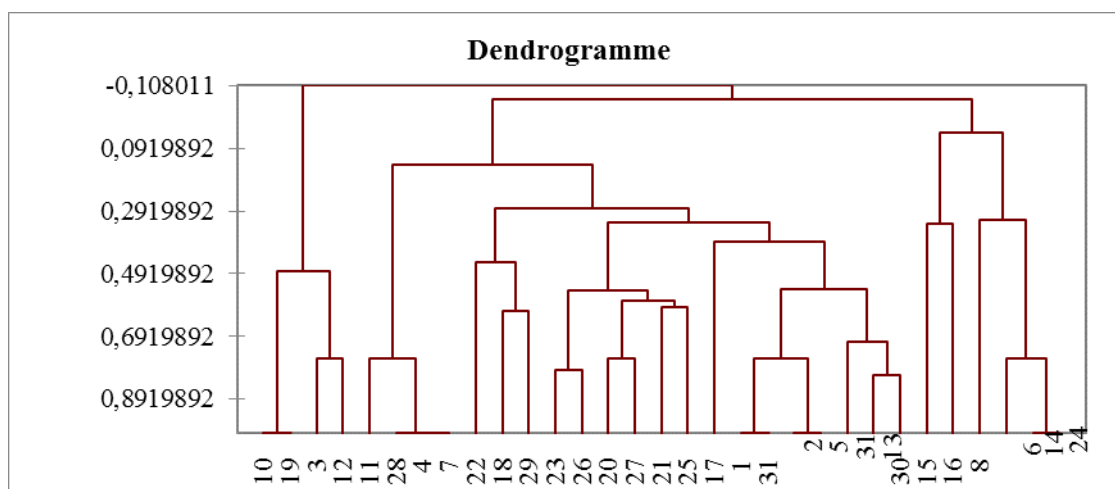
**- Groupe 4**

Ce groupe contient 08 espèces : *Paronychia argentea*, *Quercus ilex*, *Cedrus atlantica*, *Taraxacum campylodes*, *Juniperus oxycedrus*, *Fraxinus dimorpha*, *Rosa sempervirens* L, *Calycotome spinosa*, *Olea europaea*, *Helianthemum cinereum*.

Ce groupe est constitué des espèces caractéristiques des groupements à Chêne vert. Des espèces phanérophytes cela explique la présence de la strate arborescente et arbustive, et parmi ces espèces on a le : *Juniperus oxycedrus*, *Quercus ilex*, *Fraxinus dimorpha* , *Olea europaea*.

**2.8.2 CAH Bumerzoug**

La classification ascendante hiérarchique (CAH) qui a montré que les relevés floristiques sont répartis en 3 groupes dans la station de Bumerzoug, avec une richesse de 31 espèces,(figure 5).



**Figure 5 :** Dendrogramme de la classification ascendante hiérarchique appliquée à la distribution des espèces végétales de Bumerzoug.

**- Groupe 1**

Ce groupe est constitué de 4 espèces : *Reseda alba* L, *Taraxacum campylodes*, *Fumana éricoïdes*, *Sedum sediforme*.

**- Groupe 2**

Ce groupe comprend 21 espèces : *Anthyllis vulneraria* , *Galium tricorntutum* ,*Fumana thymifolia* , *Teucrium polium* , *Astragalus armatus* , *Thapsia garganica*, *Lotus SP*, *Pallenis spinosa* ,*Rosa canina*, *Calycotome spinosa* , *Rubus ulmifolius*, *Genista microcephala*,, *Stipa tenacissima*, *Juniperus phoenicea*, *Eryngium triquetrum*, *Marrubium vulgare* , *Convolvulus arvensis* L, *Malva sylvestris* L , *Orobanche hederæ*, *Ferula communis*, *Thymus algeriensis*.

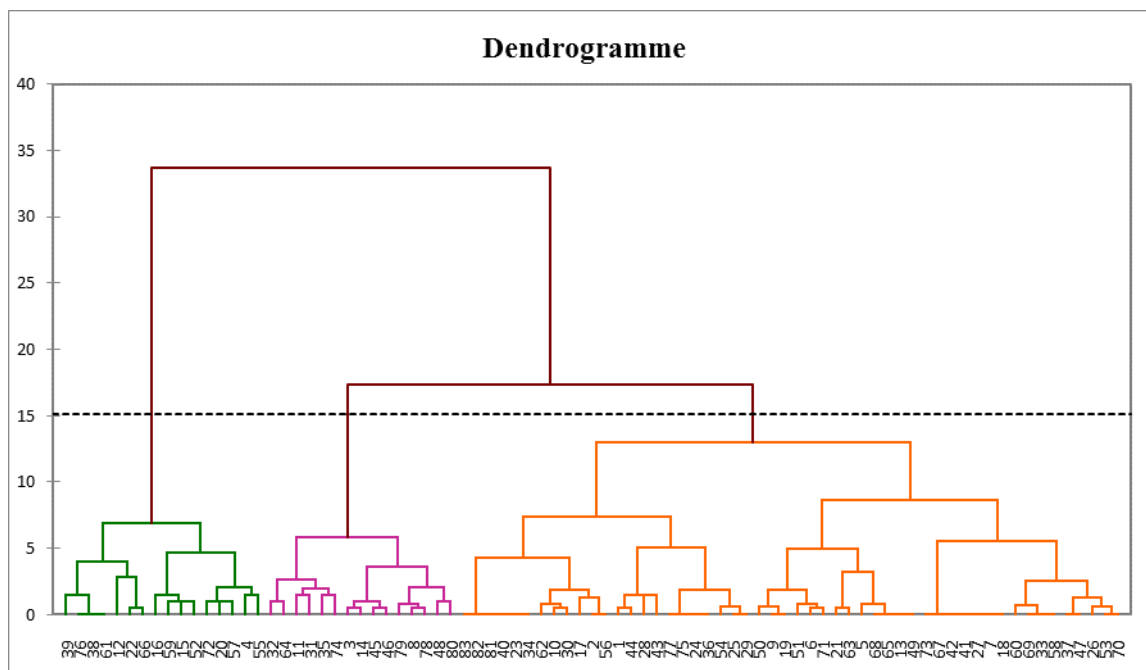
Ce groupe contient la majorité des espèces parmi ces espèces : *Juniperus phoenicea*, qui est une espèce phanérophte, héliophile très résistante à la sécheresse au froid.

**- Groupe 3**

Ce groupe comprend 6 espèces : *Rosa canina*, *Juniperus oxycedrus*, *Asphodeline lutea*, *Fraxinus xanthoxyloides*, *Quercus ilex*, *Plantago lanceolata*.

**2.8.3 CAH kassrou**

La CAH des espèces et des relevés pour l'ensemble des écosystèmes étudiés donne leur partition en 3 groupes avec une richesse de 83 espèces, bien distinctes pour la station de kassrou, (figure 6).



**Figure 6:** Dendrogramme de la classification ascendante hiérarchique appliquée à la distribution des espèces végétales de kassrou.

**- Groupe 1**

Ce groupe contient 16 espèces, parmi ces espèces on a : *Juniperus phonicea*, *Stipa tenacissima*, *Juniperus oxycedrus*, *Quercus ilex*, *Atractylis humilis*, *Cistus salviifolius*, *Rosmarinus officinalis* L, *Calycotome spinosa*, *Plantago lanceolata*, *Calendula arvensis*, *Pallenis spinosa*, *Santolina rosmarinifolia*, *Chamaemelum.nobile* L, *Pistacia lentiscus*, *Ampelodesmos mauritanicus*, *Phillyrea media*.

Dans ce groupe se réunit les espèces de formations arborescentes et arbustives tels que des espèces xérophiles (*Pistacia lentiscus*) et on trouve des espèces forestières et prés forestières qui caractérise l'ambiance climatique humide tels que *Quercus ilex*, *Juniperus phonicea*, *Juniperus oxycedrus*, ainsi que la présence du *Calycotome spinosa* dans cet ensemble floristique montre un début de dégradation de la phytocénose (EL HAMROUNI 2001).

Ce groupe présente aussi une dynamique régressive qui s'explique par le remplacement des espèces forestières par *Ampelodesmos mauritanicus*, *Stipa tenacissima* sont des espèces héliophiles présentant un maximum de développement dans les formations de matorals (DAHMANI.1997).

**- Groupe 2**

Ce groupe contient 15 espèces sont: *Globularia alypum*, *Retama sphaerocarpa*, *Astragalus armatus*, *Fumaria sp*, *Hordeum murinum* L, *Sinapis arvensis* L, *Alyssum sp*, *Bromus rubens*, *Medicago lupulina*, *Moricandia arvensis*, *Thymus algeriensis*, *Artemisia campestris*, *Thapsia garganica*, *Olea europaea*, *Thymus ciliatus*.

La présence de (*Astragalus armatus*) dans ce groupement indique un surpâturage dans cette zone.

**- Groupe 3**

Ce groupe présente la majorité des espèces (52 espèces) : *Ziziphus lotus*, *Urospermum dalechampii*, *Tulipa sylvestris* L, *Lathyrus articulatus*, *Coronilla valentina*, *Helichrysum stoechas* L, *Reichardia picroides* Roth(L), *Asphodelus microcarpus*, *Filago argentea*, *Carduus eupycnocephalus*, *Ajuja iva*.Schreb, *Pinus halepensis* Mill, *Adonis aestivalis* L, *Marrubium vulgare*, *Ferula communis*, *Malva sylvestris* L, *Teucrium polium*, *Smilax aspera* L, *Daucus carota* L, *Hypochaeris glabra*, *Pegamum harmala*, *Ebenus pinnata*, *Ficus carica* L, *Ornithogalum algeriensis*, *Asparagus acutifolius*, *Centaurea pullata*, *Orobanche sanguinea*, *Anthemis arvensis*, *Santolina chamaecyparissus*, *Cistus albidus*, *Reseda alba*, *Anagallis foemina*, *Rumex conglomeratus*, *Rosa canina*, *Borago officinalis*, *Onopordum macracanthum*, *Sedum*

### Chapitre 3 : Diagnostic phytoécologique des chênaies du Belezma

*sediforme*, *Rubus ulmifolius*, *Lotus corniculatus*, *Launaea nudicaulis*, *Erysimum grandiflorum*, *Anthemis tuberculata*, *Carlina lanata* L, *Prasium majus*, *Salvia officinalis*, *Helianthemum cinereum*, *Plantago albinacs*.L, *Jasminum fruticans* L, *Muscari comosum* Mill(L) ,*Erinacea anthyllis*, *Paronychia argentea*, *Salvia verbenaca*.

La présence d'*Asphodelus microcarpus* et de *Paronychia argentea*, au niveau des relevés indique un tassement des sols (DEBAZAC, 1959). Et confirme l'ampleur de l'action anthropique dévastatrice.

#### 2.8.4 CAH Belkhez

La classification ascendante hiérarchique a montré que les relevés floristiques sont répartis en 03 groupes avec 44 espèces dans la station de Belkhez, (figure 7).

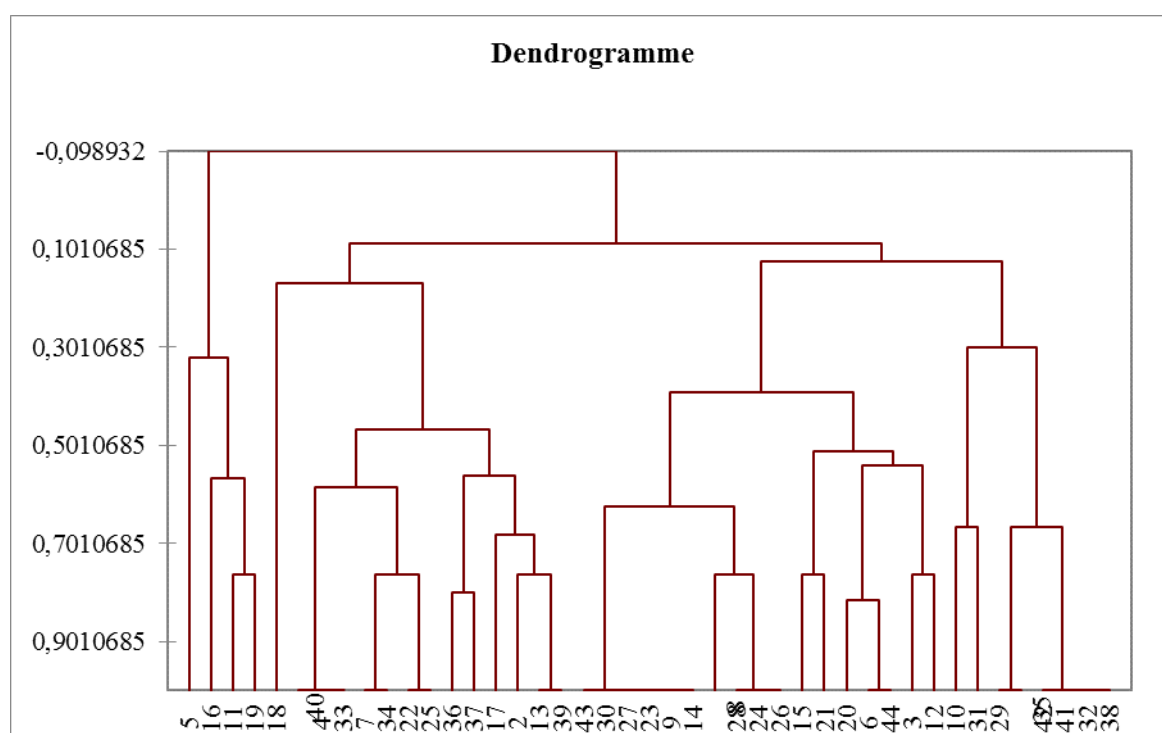


Figure 7 : Dendrogramme de la classification ascendante hiérarchique appliquée à la distribution des espèces végétales de Belkhez.

#### - Groupe 1

Ce groupe contient 4 espèces : *Orobanche hederæ*, *Cistus albidus* l, *Astragalus armatus*, *Jasminum fruticans*

#### - Groupe 2

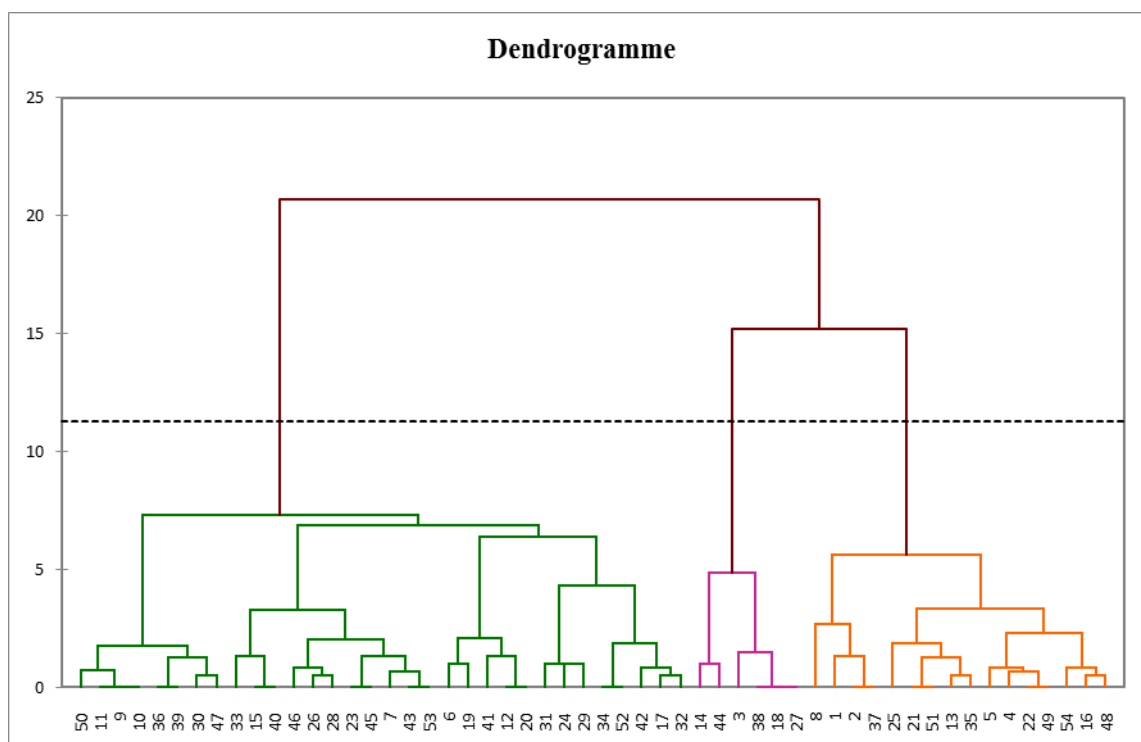
Ce groupe contient 14 espèces : *Sonchus oleraceus*, *Rubus ulmifolius*, *Bromus hordeaceus*, *Globularia alypum*, *Helianthemum cinereum*, *Scleropoa rigida*, *Prasium majus* L, *Paronychia argentea*, *Hypochaeris laevigata*, *Calycotome spinosa*, *Sinapis arvensis*, *Scolymus hispanicus*, *Marrubium vulgare*, *Moricandia arvensis*

**- Groupe 3**

Ce groupe contient 26 espèces : *Quercus ilex*, *Pinus halepensis* Mill, *Erinacea anthyllis*, *Retama sphaerocarpa*, *Asparagus acutifolius* *Crataegus monogyna*, *Borago officinalis*, *Muscari comosum*, *Sedum sediforme*, *Thymus algeriensis*, *Thapsia garganica*, *Lobularia maritima*, *Erodium sp*, *Ebenus pinnata*, *Reseda alba*, *Tamus communis*, *Tulipa sylvestris*, *Ficus carica*, *Juncus conglomeratus*, *Helichrysum stoechas*, *Coronilla valentina l*, *Cynosurus elegans*, *Ziziphus lotus*, *Stipa retorta*, *Peganum harmala*, *Urospermum dalechampii*

**2.8.5 CAH Om rkhaa**

Les classifications ascendantes hiérarchiques (CAH) qui ont montré que relevés floristiques de la station d'Om rkhaa sont répartis en 3 groupes, avec une richesse de 54 espèces, (figure 8).



**Figure 8 :** Dendrogramme de la classification ascendante hiérarchique appliquée à la distribution des espèces végétales d'Om rkhaa.

**- Groupe 1**

Ce groupe comprend la majorité des espèces (32 espèces) : *Teucrium pseudochamaepitys*, *Centaurea nigra*, *Carduncellus pinnatus*, *Carthamus caeruleus*, *Picris echioides*, *Rhamnus alaternus*, *Marrubium sp*, *Taraxacum campylodes*, *Ornithogalum umbellatum*, *Diplotaxis virgata*, *Salvia verbinaca*, *Stipa tenacissima*, *Hypochaeris laevigata*, *Lapsana communis*, *Geranium rotundifolium*, *Sinapis*



### **Chapitre 3 : Diagnostic phytoécologique des chênaies du Belezma**

---

*arvensis*, *Bellis sylvestris*, *Scolymus hispanicus*, *Umbilicus rupestris*, *Atractylis caespitosa*, *Eryngium campestre*, *Santolima rosmarinifolia*, *coronilla sp*, *Fraxinus dimorpha*, *Medicago arborea*, *Helianthemum cinereum*, *Lotus corniculatus*, *Paronychia argentea*, *Trifolium sp*, *Scabiosa sp*, *Erinacea anthyllis*, *Muscari comosum*..

La dominance dans ce groupe revient aux hémicryptophytes (*Centaurea nigra*, *Bellis sylvestris*, *Eryngium campestre*...) qui se traduit par l'effet de la pluviosité et du froid et la richesse du sol en matière organique (FLORET *et al.* 1990 in BEGHAMI, 2013).

La présence de *Stipa tenacissima* dans ce groupement témoigne de la relative dégradation du milieu surtout par l'action anthropique.

#### **- Groupe 2**

Ce groupe contient 6 espèces : *Crepis vesicaria*, *Sinapis alba*, *Asphodelus romosus*, *Quercus ilex*, *Erodium cicutarium*, *Juniperus oxycedrus*.

La dominance dans ce groupe revient aux thérophytes (*Crepis vesicaria*, *Sinapis alba*, *Asphodelus romosus*, *Erodium cicutarium*), donc on assiste à une thérophysation due essentiellement à la sécheresse, et au surpâturage.

#### **- Groupe 3**

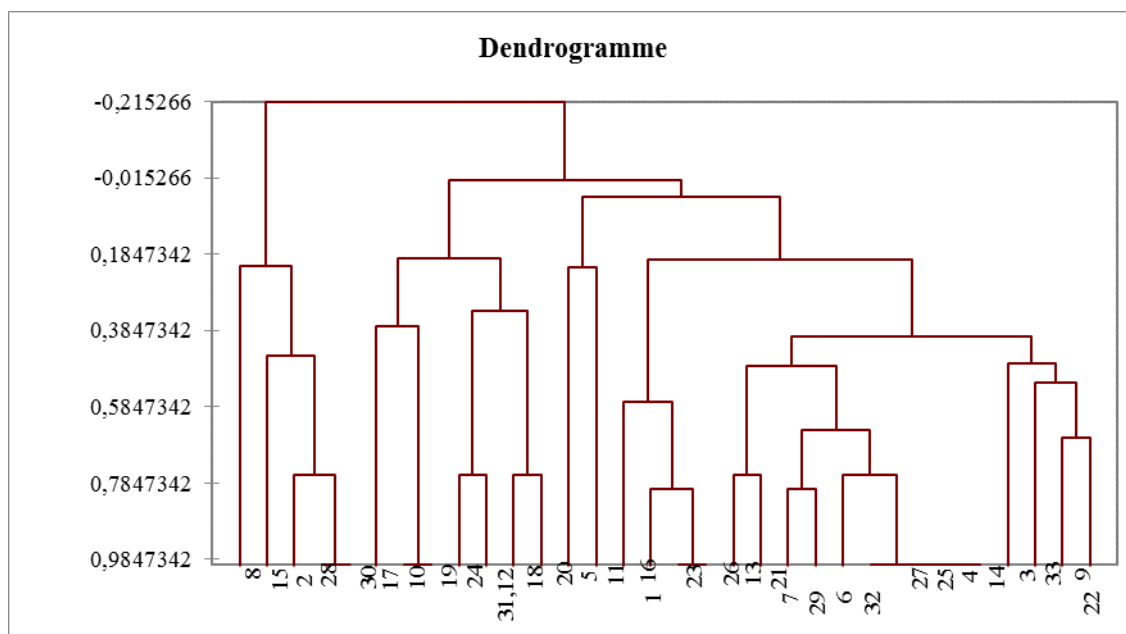
Ce groupe comprend 16 espèces : *Calycotome spinosa*, *Ampelodesma mauritanicum*, *Asphodelus aestivus* brot, *Poa bulbosa*, *Hypochaeris glabra*, *Fumana ericoides*, *Thymus algeriensis*, *Crepis bursifolia*, *Picnomon arcana*, *Astragalus echinatus*, *Astragalus armatus*, *Galium tricornutum*, *Teucrium polium*, *Urospermum dalechampii*, *Ephedra major*, *Taraxacum officinale*.

La présence de certaines espèces qui indique la dégradation de la couverture arborescente telle que (*Ampelodesma mauritanicum* et *Astragalus armatus*).

Dans cette région d'étude, le Chêne vert (*Quercus ilex*) est très présent sous forme de maquis, associés aux Genévriers. D'ailleurs la première espèce *Juniperus oxycedrus* est considérée comme « le compagnon fidèle du Chêne vert » (DAHMANI, 1984, ALCARAZ, 1989).

### 2.8.6 CAH Nafla

La classification hiérarchique ascendante (CAH), a permis de distinguer 04 groupes avec une richesse de 33 espèces pour la station de Nafla, (Figure 9 ).



**Figure 9:** Dendrogramme de la classification ascendante hiérarchique appliquée à la distribution des espèces végétales de Nafla.

#### - Groupe 1

Ce groupe contient 5 espèces : *Picris hieracioides*, *Astragalus armatus*, *Cistus albidus*, *Lathyrus setifolius*, *Ficus carica*.

#### - Groupe 2

Ce groupe contient 8 espèces : *Bromus hordeaceus*, *Festuca rubra*, *Verbascum rotundifolium*, *Orobanche hederarum*, *Juniperus oxycedrus*, *Quercus ilex*, *Rosa canina*, *Muscari comosum*.

#### - Groupe 3

Ce groupe contient 2 espèces : *Urospermum dalechampii*, *Ferula communis*.

#### - Groupe 4

Ce groupe contient la majorité des espèces (18 espèces) : *Silybum marianum*, *Anthyllis pallenis*, *Psoralea bituminosa*, *Asphodeline lutea*, *Malva arborea*, *Fumana ericoides*, *Salvia verbenaca*, *Lonicera etrusca*, *Melilotus officinalis*, *salix pedicellata*, *Jasminum fruticans*, *Stachys ocymastrum*, *Scrophularia sp*, *Asphodelus microcarpus*, *Cistus salviifolius*, *Linaria heterophylla*, *Anagallis arvensis*, *Jurinea humilis*.

La présence de l'Asphodèle dans ce groupe (*Asphodelus microcarpus*) indique une certaine dégradation du milieu (anthropisation), l'Asphodèle est une espèce qui résiste à la sécheresse, d'autre part elle est indicatrice de surpâturage.

D'après les résultats obtenus on peut considérer que l'espèce *Juniperus oxycedrus* est l'une des caractéristiques supérieures du groupement à *Quercus ilex*. Les chênaies vertes pré forestières restent mal connues en Algérie comme le signale DAHMANI (1997). L'interprétation phyto-sociologique reste parfois très difficile, surtout au niveau des alliances et des associations.

La dégradation a atteint un stade avancé par le remplacement des espèces dominantes par des espèces secondaires, on parle souvent de dégradation des groupements forestiers et pré-forestiers, comme dans le cas des stations étudiées par la disparition du Cèdre de l'Atlas et son remplacement par le Chêne vert. Ceci peut être expliqué par la tolérance et l'adaptation du Chêne vert au stress thermique (HAICHOIR, 2009).

Les conséquences de cette dynamique régressive se traduisent par un changement important de la composition floristique qui varie dans le sens d'aridité, une modification de la structure de la végétation et une réduction du couvert végétal.

### **Conclusion**

Cet inventaire floristique renferme un total de 162 espèces réparties en 41 familles appartenant à 131 genres dont 62 espèces ne sont pas signalées dans la liste de la flore du Parc national de Belezma. Ces familles sont dominées essentiellement par les Asteraceae et les Fabaceae (C'est l'une des caractéristiques de la méditerranée).

L'analyse du spectre biologique des zones d'étude révèle la dominance des hémicryptophyte sur l'ensemble des types biologiques. L'analyse phytogéographique révèle que les stations étudiées sont dominées par l'élément méditerranéen.

La dégradation des groupements de végétaux à Chêne vert, se traduit essentiellement à des pressions tant naturelles qu'anthropiques (le pâturage, la surexploitation et les incendies...), s'explique partout par une évolution régressive permanente et continue.

---

***CHAPITRE 4 : CARACTÉRISATION  
DENDROMÉTRIQUE ET PRODUCTIVITÉ DES  
CHENAIES DU BELEZMA***

---

## **Introduction**

Sur le plan dendrométrique, les caractéristiques d'un peuplement forestier sont généralement exprimées en termes de grandeurs moyennes ou ramenées à l'unité de surface. Les premières se rapportent principalement aux dimensions des arbres, telles que les diamètres et les hauteurs, tandis que les secondes ont surtout trait au nombre d'arbres (densité), aux surfaces terrières et aux volumes observés à l'hectare. (BENABDELLAH, 2007). Cette étude consiste à traiter et représenter les différentes caractéristiques dendrométriques et structurales de la chênaie, ainsi que la méthodologie et la procédure poursuivie dans l'estimation de la production du bois des peuplements forestiers du *Quercus ilex*. La production du chêne vert est estimée à 1m<sup>3</sup>/ha/an (QUEZEL, 1979). Il semble toutefois, que la croissance du chêne vert, bien que lente, se caractérise par sa continuité dans le temps. Le chêne vert ne présentant pas de fléchissement de sa croissance, permettrait d'envisager une autre gestion de son exploitation avec des rotations plus longues. (ROMANE, 1987).

L'objectif général est d'étudier l'évolution des Chênaies dans le temps, c'est-à-dire de répondre à la question ; quelles sont les caractéristiques de la structure et de la dynamique des peuplements et comment évoluent-elles au cours du temps. D'autre part des propositions en matière de gestion sylvicoles de ces chênaies vont être établit.

Une connaissance minimum de la dynamique des peuplements de cette chênaie, constitue un élément indispensable à l'élaboration de programme de gestion durable et rationnelle des écosystèmes de la chênaie.

### **1. Méthodologie d'étude**

La réalisation de l'inventaire dendrométrique sur le terrain comporte plusieurs phases successives que nous définirons comme suit :

- Le cheminement et le repérage des placettes ;
- L'installation des placettes,
- La réalisation des mesures dendrométriques.

#### **1.1 Installation des placettes sur terrain**

Pour cet objectif nous avons défini six placettes d'étude dans les stations étudiées, avec un échantillonnage aléatoire. Lorsqu'on décide de travailler avec des placettes d'échantillons, il est préférable de choisir le type circulaire (METHOT *et al.*, 2014). La forme pour laquelle nous avons optée est la placette circulaire d'une superficie de 10 ares avec un rayon de 17,84 m sur un terrain plat, et qui présente les avantages suivants :

- La facilité d'installation : si le relief n'est pas trop accidenté
- Elle ne présente aucune direction préférentielle ;
- De toutes les formes géométriques, elle possède le plus petit périmètre, qui limite les risques d'erreur.

Afin d'estimer la productivité des peuplements des chênaies, nous avons dénombré exactement les effectifs des arbres de chaque placette. Pour l'inventaire d'une placette, il est retenu que tous les arbres qui se trouvent dans le cercle et ceux dont plus de la moitié du diamètre du tronc sont situés à l'intérieur du cercle sont inclus (BOUCHON et PARDE, 1988).

Tous les brins présents du Chêne vert ont été mesurés dans chaque placette pour élaborer le tarif de cubage relatif à ce peuplement, au total 160 sujets de *Quercus ilex* ont été mesurés.

**Tableau 1** : Nombre de brins mesurés par placette

| <b>Stations</b>      | <b>Nombre de brins mesurés par placette</b> |
|----------------------|---|
| <b>Ain Kerrouche</b> | 32  |
| <b>Boumerzoug</b>    | 28  |
| <b>Kassrou</b>       | 23  |
| <b>Belkhez</b>       | 22  |
| <b>Nafla</b>         | 30  |
| <b>Om rkhaa</b>      | 25  |
| <b>Total</b>         | <b>160</b>                                  |

### **1.2 Structure des peuplements à *Quercus ilex***

L'objectif de cet inventaire dendrométrique est de mettre en évidence la structure des Chênaies étudiées. Cette structure fait référence à la manière dont les variables dendrométriques d'un peuplement sont agencées (STEWART et ROUSTIDE, 1974), et nous considérons comme variables explicatives : la croissance, la production et le développement global d'un peuplement. La structure du peuplement est représentée par la répartition du nombre de tiges en fonction des classes de diamètre qui suit certaines lois. On peut facilement en déduire un graphique qui pourra être utilisé dans le cadre de l'aménagement ou la sylviculture (GAUDIN, 1996). Dans un peuplement régulier, les tiges sont réparties selon la loi de Gauss (loi Normale), tandis que dans un peuplement

irrégulier la distribution des tiges est représentée par une courbe exponentielle (PARDE et BOUCHON, 1988). Pour analyser la stabilité des peuplements, il est essentiel de bien décrire leur structure, c'est-à-dire la distribution des caractéristiques individuelles des tiges (généralement représentée sous forme d'histogrammes) et leur répartition spatiale.

### **1.3 Paramètres mesurés**

Essentiellement les paramètres mesurés sont :

La hauteur moyenne du peuplement du Chêne vert **H** en (m), le diamètre moyen à hauteur de poitrine **D** en (cm) sont mesurés à l'aide d'un BLUME-LEISS et compas forestier ,(figure 1).Ces deux paramètres vont nous permettre à l'aide des équations mathématique de calculer la surface terrière moyenne de chaque peuplement, la surface terrière **g** (ou **G**) et l'estimation du volume du peuplement **V**, à partir de la surface terrière et de la hauteur totale.



**Figure 1 :** BLUME-LEISS et compas forestier, (Clichet personnel, 2023).

#### **1.3.1 Diamètre des arbres**

Le diamètre à hauteur de poitrine ou hauteur d'homme représente le diamètre d'un arbre mesuré à 1,30 m au-dessus du plus haut niveau du sol (METHOT *et al*, 2014). Pour mesurer le diamètre des arbres on a utilisé un compas forestier. Cette méthode est facilement manipulable et nécessite au moins deux personnes : Une personne effectue la mesure qu'une autre enregistre les valeurs en couvrant la placette d'échantillonnage, (figure 2).



**Figure 2:** Mesure de diamètre des arbres avec le compas forestier, (Clichet personnel, 2023).

Le diamètre moyen **Dm** (cm) représente le diamètre de l'arbre de surface terrière moyenne, est calculé par la formule suivante :

$$Dm = \sqrt{\frac{4G}{\mu}}$$

**Dm** : Diamètre moyen

**G** : Surface terrière moyenne

**μ** : constant (3.14)

Le diamètre est le paramètre le plus important dans cet inventaire dendrométrique. Et notamment d'en estimer le volume ainsi, les quatre principales catégories de diamètre sont mentionnées dans la figure 3. Ces différentes catégories de bois à partir du diamètre sont utilisées pour définir la structure du peuplement.



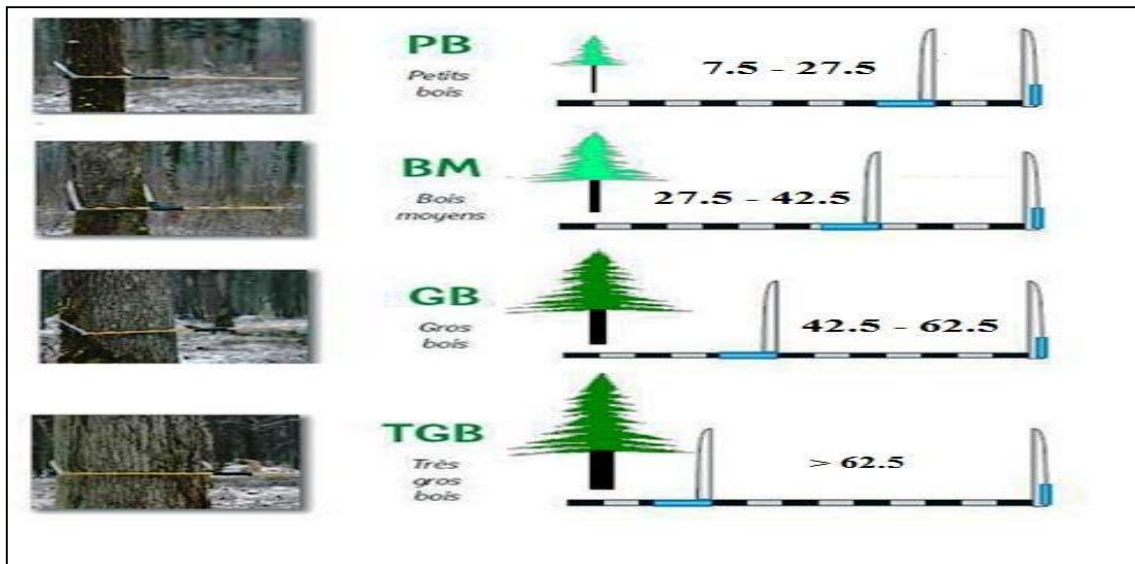


Figure 3 : Les principales catégories des diamètres d'arbres forestiers (LOMBARDINI ,2006)

### 1.3.2 Hauteur des arbres

La hauteur totale d'un arbre est mesurée depuis le point de rencontre du sujet avec le sol jusqu'au sommet du houppier. Cette mesure de hauteur revêt une grande importance pour le calcul du volume et la productivité d'un peuplement forestier (PARDE et BOUCHON, 1988). Les mesures de hauteurs sont effectuées à l'aide d'un dendromètre BLUME- LEISS. Cet instrument simple à manipuler est spécialement conçu pour mesurer la hauteur des arbres forestiers, (figure 4).



Figure 4 : Mesure de hauteur des arbres avec BLUME-LEISS, (Clichet personnel, 2023).

**- Hauteur moyenne**

Après avoir mesuré les hauteurs totales de tous les arbres dans chaque placette, nous avons procédé au calcul de la hauteur moyenne arithmétique selon la formule suivante, (PALM, 1977) :

$$Hm = \frac{\sum Hi}{N}$$

**Hm** : Hauteur moyenne

**Hi** : Hauteur totale des arbres

**N** : Nombre total des arbres

**- La hauteur dominante (Hd)**

La hauteur dominante est un critère indirect de la fertilité de la station (M'HIRIT, 1982). Suivant plusieurs travaux tels que (AUCLAIR et METAYER, 1980), et (EZZAHIRI et BELGHAZI, 2002), la hauteur dominante représente la moyenne des 3 plus gros brins de la placette. Elle est indicatrice des conditions stationnelles et du niveau de fertilité de la zone, fluctue continuellement dans le temps et échappe à l'effet des interventions brusques dans le peuplement (PALM, 1981). La fertilité des stations pour une essence forestière donnée peut être mise en évidence par l'étude des hauteurs dominantes (KADIK, 1987). Selon CHANOUNE (1991), la classe de fertilité d'une station peut être déterminée à partir de l'estimation de la hauteur dominante qui y règne, (tableau 2).

**Tableau 2** : Classes de fertilité selon la hauteur dominante (CHANOUNE, 1991).

| <b>Hauteur dominante</b> | <b>Classes de fertilité</b> |
|--------------------------|-----------------------------|
| <b>15-17</b>             | 1                           |
| <b>13-15</b>             | 2                           |
| <b>11-13</b>             | 3                           |
| <b>&lt;11</b>            | 4                           |

**1.4 Les paramètres calculés**

Les paramètres sont calculés par l'application des différentes formules mathématiques, notamment, la surface terrière **G** (m<sup>2</sup>/ha) et le volume **V** (m<sup>3</sup>).

**1.4.1 La surface terrière**

La surface terrière est une valeur essentielle pour avoir une classification structurale des peuplements dont elle donne à la fois une idée sur la richesse du peuplement d'un point de vue productivité (LOMBARDINI, 2006). Par définition la surface terrière est

la superficie de la coupe transversale d'un arbre mesuré à 1,30 m, au-dessus du sol (PARDE et BOUCHON, 1988), qui s'exprime en mètre carré à l'hectare.

La surface terrière se calcule par la formule :

$$G = \mu * D^2 / 4$$

$\mu$  : constant (3,14)

$D$  : diamètre moyen à 1.30 m par arbre et station

La surface terrière occupe une place plus importante dans la gestion forestière. Elle est calculée à l'aide de méthodes des mesures simples de circonférences ou de diamètres. Elle trouve sa place dans les actions de diagnostic des peuplements, de suivi des travaux sylvicoles, d'élaboration et de suivi des aménagements.

#### **1.4.2 Le volume**

La production du bois en terme sylvicole correspond au volume de l'arbre avec ou sans branches. Le volume est évalué à partir des méthodes de cubage utilisant des caractéristiques simples telles que les diamètres (ou les circonférences) et les hauteurs mesurées sur des arbres bien choisis et répartis de la façon la plus représentative des milieux de croissance, (BENTOUATI, 2006).

Pour estimer le volume d'un arbre sur pied, on utilise, la formule classique du calcul du volume d'un cylindre (PARDE et BOUCHON, 1988). Nous pouvons estimer le volume grâce à la formule suivante :

$$V = g * h * f$$

$g$  : Surface terrière à 1,30 m

$h$  : Hauteur moyenne

$f$  : Coefficient de forme de l'arbre

Le coefficient de forme se calcule par la formule suivante :

$$f = (d_{0,5h})^2 / (d_{1,30})^2$$

(f : égale à 0,5 dans le cas du Chêne vert).

#### **1.4.3 Le tarif de cubage**

Un tarif de cubage est représenté par un tableau chiffré, un graphe ou une équation qui fournit le volume d'un arbre ou d'un ensemble d'arbres en fonction d'une ou plusieurs caractéristiques dendrométrique directement mesurables, relatives à l'arbre, ce sont les entrées (PARDE et BOUCHON, 1988).

160 brins ont été mesurés de différentes placettes pour élaborer le tarif de cubage relatif aux peuplements de Chêne vert. Il faut faire un compromis entre les modèles qui

apportent un maximum de précision et ceux d'une utilisation facile. Dans notre cas, le modèle mathématique testé est tarif à une seule entrée. Un tarif de cubage à une entrée donne le volume d'un arbre en fonction de son diamètre à 1,30 m (ou circonférence) en général.

Régression linéaire simple :  $Y = a + bX$

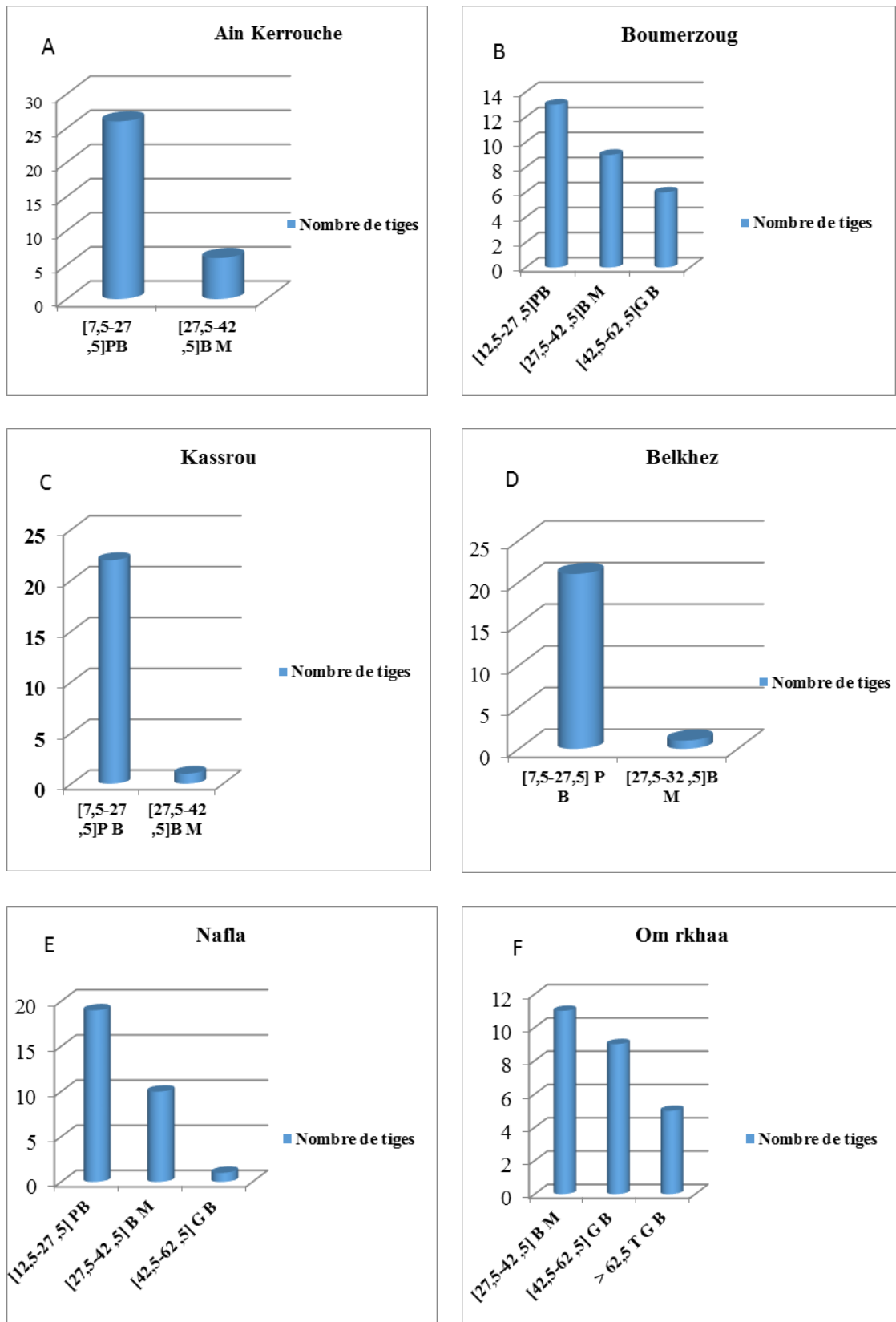
Afin de donner une signification aux résultats obtenus, nous avons réalisé des analyses et tests statistiques à l'aide du logiciel Minitab 16 et Excel, pour les traitements statistiques de tarifs de cubage et le calcul du volume et des coefficients de corrélation (R).

## **2 .Résultats et discussions**

Nous présentons en premier, les résultats relatifs aux descriptions des stations des points de vue des structures horizontales et verticales. Nous synthétiserons ensuite, les résultats des moyennes des paramètres dendrométriques étudiés sur le terrain ainsi que les estimations des paramètres de la production de bois. Dans les étapes suivantes, nous développerons les résultats des régressions, des corrélations entre les paramètres dendrométriques tels que les diamètres et les volumes et l'élaboration d'un tarif de cubage.

### **2.1 Structure des peuplements à *Quercus ilex***

En langage forestier classique, la structure d'un peuplement c'est simplement l'histogramme du nombre de tige par catégories de diamètres (BOUCHON, 1979). La figure 5 confirme une assez régularité des peuplements des chênaies étudiées ; les arbres suivent la distribution unimodale caractéristique des peuplements équiennes (RONDEUX, 1993). Dans ce cas, les dimensions sont réparties autour de la moyenne selon une distribution gaussienne en cloche dissymétrique (LETREUCH-BELAROUCI, 1992).



**Figure 5 :** Répartition des tiges par classes de diamètres dans les six stations étudiées.

Cette analyse graphique a permis de caractériser la structure de chaque placette selon la distribution des classes de diamètre au sein de ce massif forestier. On a trouvé que

l'ensemble de ce peuplement à Chêne vert est sous un régime de taillis et futaie sur souche.

**- Ain Kerrouche, Kassrou et Belkhez**

D'après les résultats représentés dans la figure (5, A, C et D) ,on remarque que ces placettes ne sont pas diversifiées du point de vue qualité de bois, la structure de ces placettes est caractérisée par la dominance de petits bois et les bois moyens sont moins représentés par rapport à la catégorie précédente et l'absence des gros bois.

**- Boumerzoug**

La structure du peuplement dans cette placette est constituée dans sa majorité par des arbres appartenant à la première classe des petits diamètres, pour la deuxième et la troisième classe des bois moyens et gros bois sont moyennement représentées,(figure 5, B).

**- Nafla**

L'analyse de la figure (5, E), montre que la structure de cette placette est caractérisée par une dominance des petits bois et la classe des bois moyens en deuxième position et la dernière position revient aux gros bois.

**- Om rkhaa**

Nos résultats montrent que la structure de cette placette est caractérisée par la présence des bois moyens avec des valeurs élevées et la dominance revient aux gros diamètres. Ce résultat est un signe de production élevée, mais l'absence des petits diamètres est un indicateur d'une régénération faible.

D'après la figure (5, F), qui illustre la répartition de nombre de tiges à Chêne vert en fonction de classes des diamètres, il s'avère que la structure du peuplements est équiennne dont la distribution des classes de diamètres en relation avec le nombre de tiges, suit une loi normale de Gauss ou courbe en cloche. Le regroupement de toutes les tiges inventoriées d'un peuplement forestier par catégories de grosseur (diamètre à 1.30 m) permis d'exprimer la structure de ce peuplement.

D'après ZITOUNI et KHATER (2009) et BENABDELLAH (2007) à Tlemcen la seule classe des diamètres présentée est celle des petit bois, ce qui indique des jeunes peuplements. ZAOUI (2020), dans la chênaie de Tlemcen a signalé la présence de toutes les catégories de bois et la dominance revient aux petits bois. Ce qui traduit la présence du peuplement jeune et adulte. Ces résultats sont assez similaires à nos résultats, ce qui traduit la dégradation de ces peuplements et l'absence des travaux sylvicoles.

Les classes de diamètres de toutes les stations se distribuent selon une fonction voisine d'une courbe de Gauss. Néanmoins, l'examen visuel des histogrammes suggère quelques commentaires :

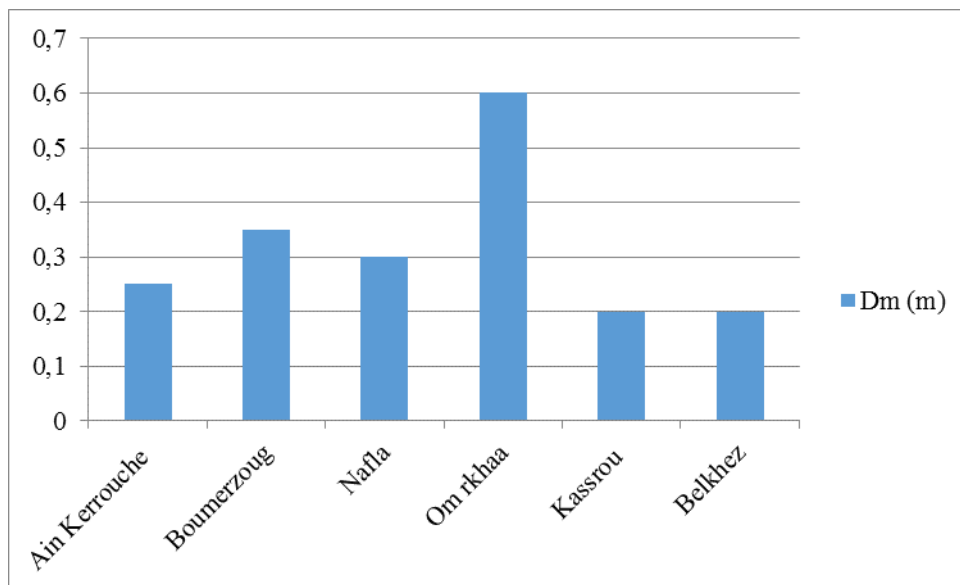
D'après nos résultats, on confirme que la présence de certaines classes dans certaines placette et leur absence dans d'autres pourrait correspondre à des événements spécifiques qui ne se présentent pas uniformément dans les stations, et qu'on peut rattacher à des perturbations liées aux coupes sanitaires ou aux exploitations et même au passage d'incendies (RABHI, 2011).

## **2.2 La structure horizontale et verticale de la chênaie**

Les résultats de l'étude dendrométriques sont essentiellement présentés sous forme de graphiques pour chacune des six placettes étudiées.

### **2.1.1 Structure horizontale**

L'analyse de la figure 6, montre que le diamètre moyen des placettes est varié entre 0,2 m (placette de Kassrou et Belkhez) et 0,6 m (placette Om rkhaa). Selon BENABDELLAH, (2007), les diamètres varient entre (0,06 et 0,13) m et ZAOUI, (2020) qui a signalé que les diamètres moyens varient entre (0,14 et 0,89) m.



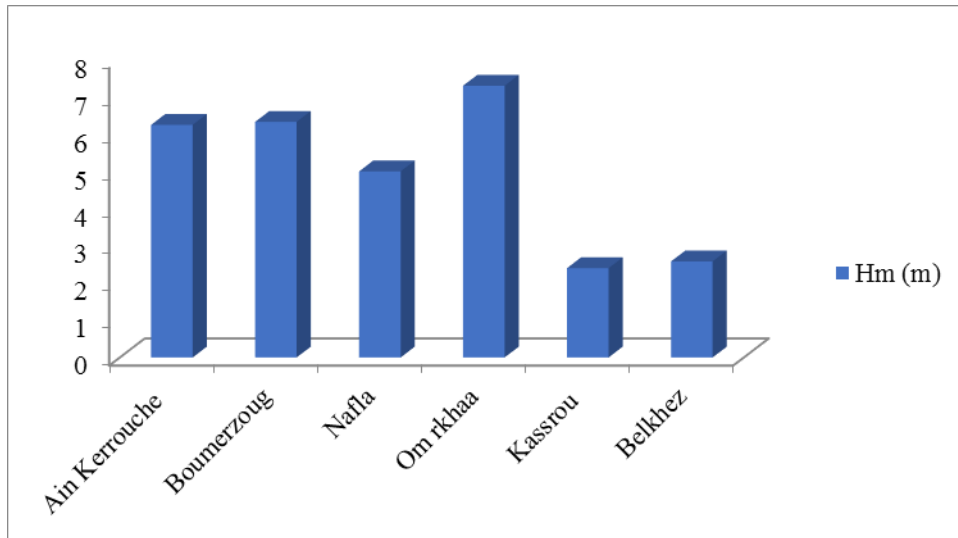
**Figure 6 : Diamètres moyens par stations**

### **2.2.2 Structure verticale**

#### **- Hauteur moyenne**

La figure 7 montre pour les différentes placettes échantillonnées la hauteur moyenne varie entre 2,4 m pour la placette de Kassrou et 7,3 m pour la placette d'Om rkhaa.

BENABDELLAH, (2007) au niveau de la chênaie Tlemcen a décrit une variation de hauteur moyenne entre 1,9 m et 7 m et ZAOUI, (2020) qui a trouvé une hauteur moyenne varie entre (3,1 et 8,45) m.

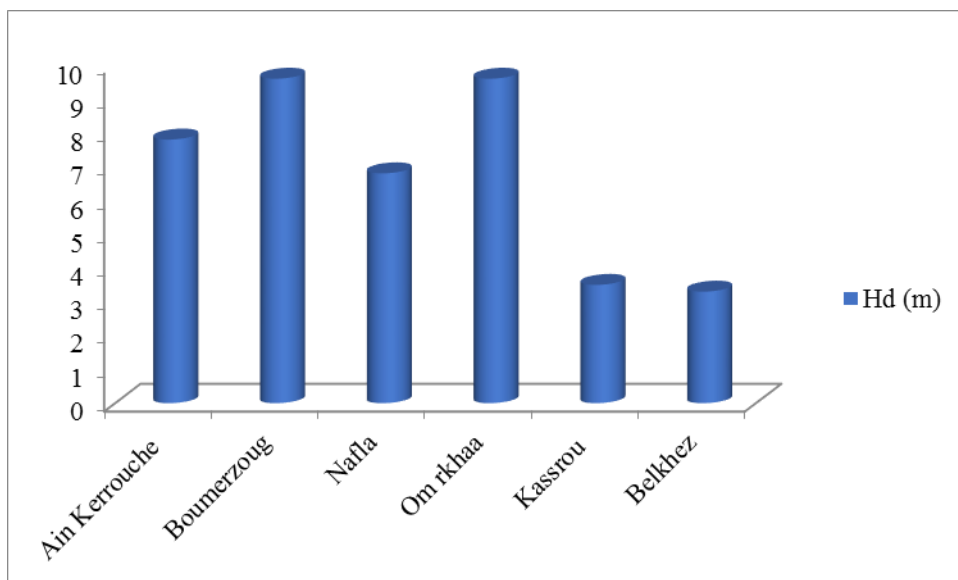


**Figure 7 : Hauteur moyenne par station**

**- Hauteur dominante**

Pour la hauteur dominante des arbres représentant les peuplements de Chêne vert étudiés est comprise entre 3,3 m (placette de Belkhez) et 9,6 m pour les placettes de Boumerzoug et Om rkhaa, (figure 8). ZITOUNI, (2009) a trouvé que la hauteur dominante est de l'ordre de 3 m. Ce qui traduit la différence de conditions stationelles.

Les résultats de la hauteur dominante (tableau 2) permettent de déterminer la classe de fertilité de nos placettes. D'après le tableau 2, il apparait que toutes les hauteurs dominantes des placettes étudiées appartiennent à la quatrième classe de fertilité.



**Figure 8 : Hauteur dominante par station**



### 2.3 La surface terrière moyenne

D'après la figure 9, on constate que la plus grande valeur de la surface terrière moyenne pour les arbres des placettes échantillonnées est estimée au niveau de la placette d'Om rkhaa (0,28 m<sup>2</sup>/ha) et la plus faible dans les placettes de Kassrou et Belkhez avec une valeur de (0,03m<sup>2</sup>/ha). Selon BENABDELLAH, (2007), la valeur de surface terrière moyenne varie entre (0,003 et 0,014 m<sup>2</sup>/ha), et ZAOUI, (2020) a trouvé des valeurs qui varient entre (5,61 et 33,07 m<sup>2</sup>/ha).

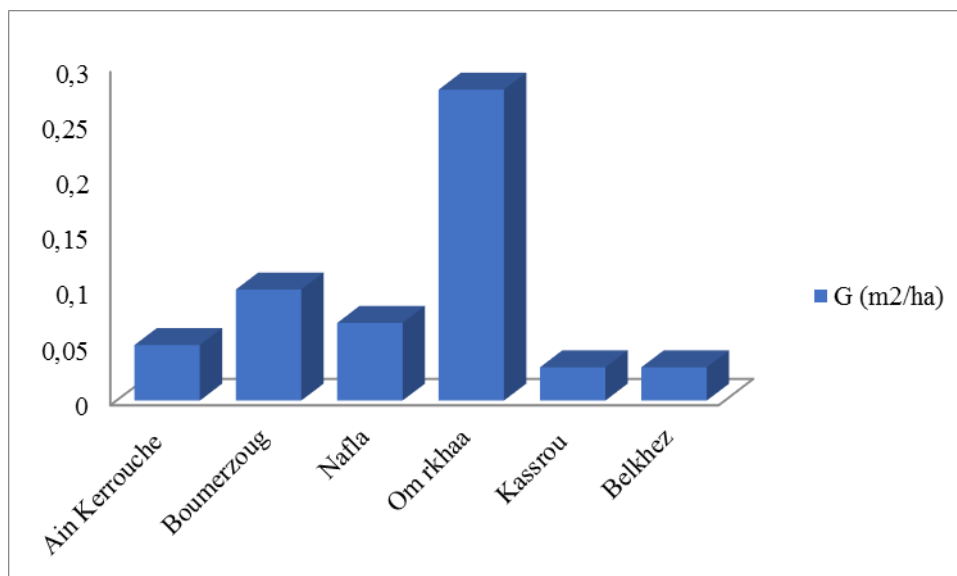


Figure 9 : Surface terrière moyenne par station

En comparant nos résultats avec ceux enregistrés par BENABDELLAH, (2007) ; ZITOUNI, (2009) ; KHATER, (2009) et ZAOUI, (2020), concernant les valeurs des diamètres moyens, des hauteurs et des surfaces terrières moyennes, on constate que cette variation dans les valeurs trouvés pour ces paramètres explique que le Chêne vert se localise dans différentes conditions climatiques et édaphiques avec des structures de végétation différentes dans le parc national de Belezma.

### 2.4 Volume calculé par ha

La figure 10 montre que le peuplement de Chêne vert produit entre 1,8 à 18,1 m<sup>3</sup>/ha. D'après les résultats obtenus nous remarquons que la station d'Om rkhaa revient en tête de liste en matière de production ligneuse (18,1 m<sup>3</sup>) du fait qu'elle a marqué la plus grande valeur moyenne de diamètre et de hauteur. Cependant les autres stations se classent par ordre décroissant : Boumerzoug, Nafla, Ain Kerrouche, Kassrou, Belkhez.

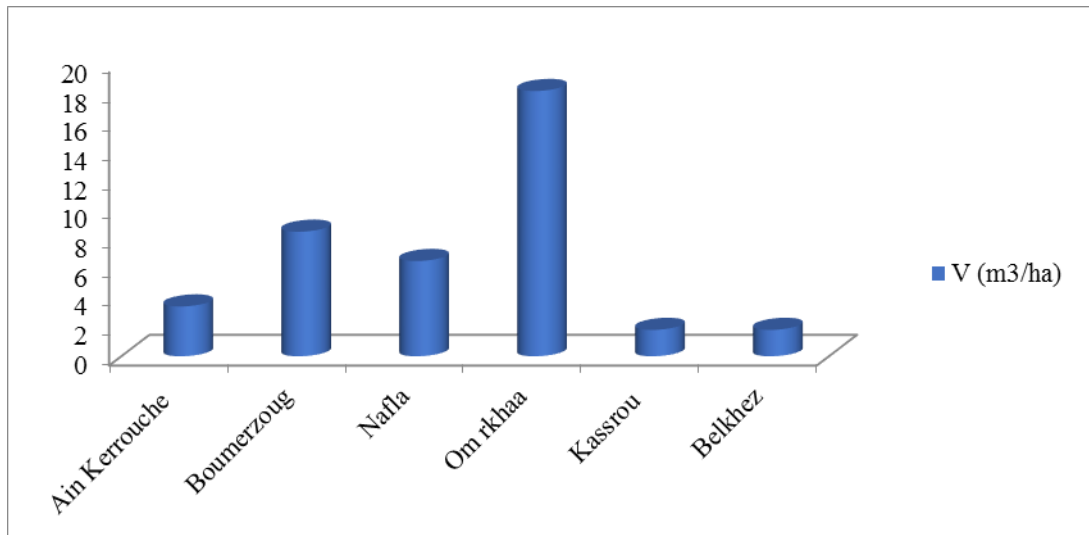


Figure 10 : Volume calculé par stations étudiées (m<sup>3</sup>/ha)

En comparant les résultats obtenus avec ceux de BENABDELLAH (2007), qui donnent lieu à un volume de 14,63 m<sup>3</sup>/ha. Il apparaît relativement moyen par rapport à celle donnée de BENABDELLAH (2007), et faible par rapport à celle donnée par MANKOURI, (1991), en étudiant la production des taillis du Chêne vert dans la région de Mizab, FD. Azail (Tlemcen), où il a trouvé 21,68 m<sup>3</sup>/ha, et ZAOUI, (2020) qui a trouvé 46,74 m<sup>3</sup>/ha du volume total moyen. La production moyenne trouvée par ZITOUNI, (2009) est de 8,41 m<sup>3</sup>/ha et celle trouvée par KHATER, (2009) est de l'ordre de 2,5 m<sup>3</sup>/ha.

La faible production des peuplements de Chêne vert dans la zone d'étude, peut être expliqué par faible densité et l'état dégradé des peuplements (figure 11, 12, 13), causées par le climat, les coupes illicites et le surpâturage qui est très marqué dans la zone (BENABDELLAH, 2007), ainsi que les incendies, les maladies, et le manque de travaux sylvicoles (KHATER, 2009), ce qui induit à la destruction des rejets et de proche en proche la disparition du couvert végétal et mise à nue de la roche mère. En l'absence d'améliorations sylvicoles, il est normal de trouver des peuplements chétifs, fourches et improductifs quant les facteurs de dégradations intenses s'y trouvent mêlés.



**Figure 11 :** Surpâturage dans le parc national de Belezma, (Clichet personnel, 2019)



**Figure 12:** Dégradation du couvert forestier dans le parc national de Belezma,(Clichet personnel , 2019)



**Figure 13 :** Traces de Barbecue et bois brulé, (Clichet personnel ,2019)

## 2.5 Tarif de cubage

Les tarifs de cubage obtenus, concernant les relations mathématiques entre les volumes et les diamètres moyens des arbres, sont illustrés dans la figure 14, et qui indique l'existence d'une relation significative entre le volume et le diamètre.

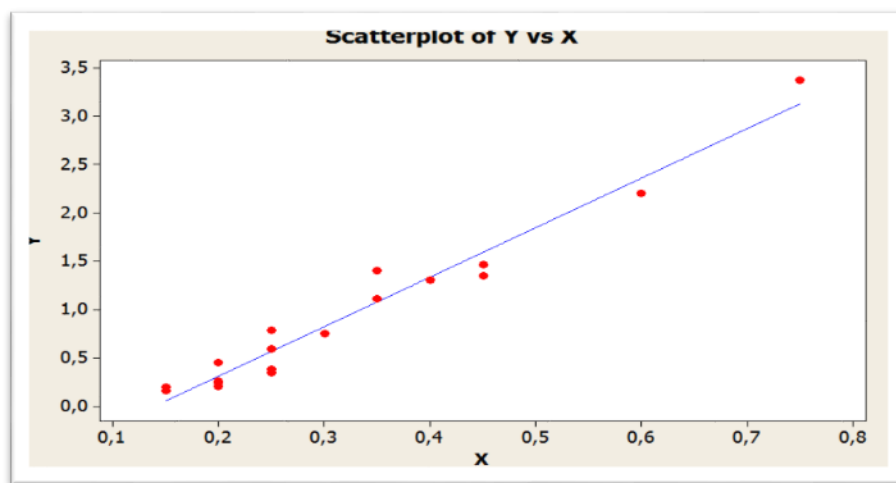
L'équation de régression est :

$$Y = - 0,720 + 5,13 X$$

Variable expliquée : Y = volume (V).

Variable explicative : X = Diamètre moyen (D m)

Coefficient de corrélation : R = 98%



**Figure 14 :** Relation entre volume et diamètres étudiés.

Le tarif obtenu présente un meilleur ajustement pour l'estimation du volume des peuplements de Chêne vert. D'après les résultats obtenus on peut conclure que le volume des arbres en (m<sup>3</sup>) de Chêne vert montre une bonne corrélation avec le diamètre moyen en (m), avec une forte valeur du coefficient de corrélation R qui est de l'ordre de (98%).

### Conclusion

Cette approche d'étude dendrométrique nous a permis de calculer les paramètres qui suit :

- la surface terrière moyenne, qui varie entre 0,03 et 0,28 (m<sup>2</sup>/ha).
- Le volume, qui varie entre 1,8 et 18,1 (m<sup>3</sup>/ha).

Malgré les efforts fournis pour les mesures dendrométriques sur terrain, le nombre de tiges mesurés demeure très faible pour réaliser un inventaire dendrométrique exhaustif .Malgré cette faible productivité de ces peuplements, ces derniers jouent un

rôle écologique très important dans la conservation et la protection des sols contre l'érosion et la lutte contre la désertification.

En l'absence des travaux sylvicoles, la structure des peuplements dans les placettes étudiées est plus ou moins régulière. Le peuplement est constitué dans sa majorité par des arbres appartenant à la première classe de diamètre des petits bois qui est dominante et bien représentative., la deuxième et troisième classe concernant les bois moyens et gros bois qui sont très faiblement représentées. Sauf la placette d'Om rkhaa qui est caractérisée par la dominance des gros bois.

On peut définir les règles de gestion de cette chênaie étudiée, concernant les placettes caractérisées par les petits bois par l'élagage et la réduction de la densité des petits brins par des recépages et les bois moyens par des éclaircies précoces pour sélectionner les brins d'élites et d'avenir.

Concernant les gros bois il faut programmer des opérations d'exploitations pour les arbres qui ont atteint l'âge d'exploitation, pour assurer une nouvelle régénération, et d'enlever l'ensemble des arbres âgés attaqués par les insectes et les champignons, pour assurer un peuplement forestier sain, productif et pérenne.

---

***CHAPITRE 5 : ETUDE DIACHRONIQUE ET  
DYNAMIQUE DU COUVERT VEGETAL DU BELEZMA***

---

## **Introduction**

Les forêts méditerranéennes constituent un environnement naturel fragile et profondément perturbé. Les agressions sont variables en fonction de la démographie et des besoins humains, déterminant les phases de progression ou de régression de la surface de la forêt (QUEZEL et BARBERO ,1990). La connaissance de la dynamique de la végétation constitue un enjeu indispensable de la conservation et la préservation durable des écosystèmes forestiers (BEGHAMI 2013). L'objectif de ce travail est d'étudier la dynamique spatio-temporelle du couvert végétal de l'écosystème forestier de Belezma, en se basant sur la télédétection et l'outil SIG. L'utilisation de la télédétection spatiale, permet de mettre en évidence la dégradation du couvert végétal et d'analyser les facteurs de risques (naturels ou anthropiques).

L'approche méthodologique du suivi diachronique dates (1987 et 2020), a été adopté on utilisant des images satellitaires Landsat de deux types : TM et OLI qui ont été prise au niveau du Parc National de Belezma, en se basant sur le calcul de l'indice de végétation par Différence Normalisé, également appelé NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), et EVI (Enhanced Vegetation Index), qui consistent à détecter les changements dans le couvert végétal (régression ou progression).

### **1. Méthodologie d'étude**

L'approche méthodologique du présent travail, comprends plusieurs phases montrées ci-dessous :

#### **1.1 Données utilisées**

L'étude multi-chronique de la dynamique du couvert végétal, repose sur l'analyse spatio-temporelle, et le traitement des images satellitaires par la télédétection spatiale ,(Hili *et al*,2022). Les données utilisées dans cette étude sont des images satellitaires Landsat libres de droits, orthorectifiés, multiscènes et multidates avec une résolution spatiale de 30 x 30 m, acquises à partir du site( <http://glovis.usgs.gov/>). Les critères de sélections des ces images satellitaires pour cette étude ont été basés sur leur disponibilités, l'absence de couverture nuageuse dans la zone d'étude (On Octobre dans ce cas précis), et qui rend la qualité des images satellites acquises plus élevée, et de similarité interannuelle des conditions d'acquisition. Les images satellitaires choisies ont recueilli un prétraitement ; comprenant correction atmosphérique avec le logiciel (QGIS 3.2) et la délimitation et le découpage de la zone d'étude, comme indiqué dans le tableau 1.

**Tableau 1 :** Caractéristiques des images satellitaires utilisées

| <b>Capteur</b> | <b>Date d'acquisition</b> | <b>Temps d'acquisition</b> | <b>Path/Row</b> | <b>Couverture nuageuse</b> |
|----------------|---------------------------|----------------------------|-----------------|----------------------------|
| Landsat -5 TM  | 13 /10 / 1987             | 09h40min56s                | 194/035         | 1%                         |
| Landsat -8 OLI | 23 /10 /2020              | 10h 13 min50s              | 194/035         | 16,65%                     |

Notre approche méthodologique, est basée sur le calcul des deux indices spectraux à partir de réflectances spectrales des images satellitaires acquises pour la zone d'étude à deux dates différentes, et la mise en comparaison interannuelle des résultats de chaque indice, puis l'explication de la signification des résultats chiffrés des indices par rapport à la nature du terrain.

## **1.2 Indices de végétation**

En télédétection, les indices font parties des méthodes de traitement que l'on appelle les transformations multi-spectrales. Ils consistent à convertir les luminances mesurées au niveau du capteur satellitaire en grandeurs ayant une signification dans le domaine de l'environnement. Basés sur le caractère multi-spectral des données satellitaires, ils permettent de décrire l'état d'un phénomène. Un indice de végétation par exemple, peut rendre compte du stade de croissance végétal à un moment donné (ROBIN, 2002). Les indices de végétation sont très utilisés d'une part, pour identifier et suivre la dynamique de la végétation, et d'autre part pour estimer certains paramètres biophysiques caractéristiques des couverts végétaux, comme la biomasse, l'indice de surface foliaire, la fraction de rayonnement photosynthétique actif, etc...

Les indices utilisés sont :

### **1.2.1 NDVI**

NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) est un indice de végétation qui repose sur une combinaison des réflectances mesurées dans le rouge (RED) ou les surfaces minérales ont de fortes réflectances et le proche infrarouge (PIR) ou la couverture végétale à de fortes réflectances (ROUSE *et al*, 1973). Permettant de résumer en une seule variable la quantité et la vigueur de la végétation, (TUCKER, 1979), le NDVI est calculé selon la formule suivante :

$$\text{NDVI} = (\text{PIR}-\text{R}) / (\text{PIR}+\text{R})$$

Où

PIR : Correspond à la bande du proche infrarouge

R : Celle du rouge



Les valeurs du NDVI, sont comprises entre -1 et +1, les valeurs positives représentent la biomasse végétale, les valeurs négatives correspondant aux surfaces autres que les couverts végétaux, comme l'eau, le bâti et les nuages ; Pour les sols nus, le NDVI présente des valeurs proches de 0, (SELLERS, 1985). Le NDVI est le plus souvent utilisé et constitue un indice végétation opérationnel et global, en partie en raison de ses propriétés de « rapport », qui permettent au NDVI d'annuler une grande partie du bruit. Causée par les changements d'angle du soleil, la topographie, les nuages ou l'ombre et les conditions atmosphérique (HUETE et JUSTICE, 1999).

### **1.2.2 EVI**

L'indice EVI, est l'indice de végétation amélioré (Enhanced Vegetation Index) qui a été développé par (LIU et HUETE, 1995) pour corriger les effets du bruit atmosphérique et du sol présents dans les résultats de l'indice de végétation NDVI, en particulier dans les zones de végétation dense, tout en atténuant la saturation dans la plupart des cas. L'indice EVI présente une plage de valeurs allant de -1 à +1, et pour une végétation saine, les valeurs se situent généralement entre 0,2 et 0,8. L'EVI est calculé selon la formule suivante :

$$\text{EVI} = 2.5 * ((\text{NIR} - \text{ROUGE}) / ((\text{NIR}) + (\text{C1} * \text{ROUGE}) - (\text{C2} * \text{BLEU}) + \text{L}))$$

Cependant, la structure en boucle ouverte (pas de rétroaction) de l'équation NDVI la rend toujours sensible à d'importantes sources d'erreur et d'incertitude sur les conditions atmosphériques et de fond variables de la canopée, (LIU et HUETE, 1995 et GAO, 1996).

En raison des défauts du NDVI, l'indice de végétation amélioré EVI a été proposé sur la base d'une approche de rétroaction qui intègre à la fois les concepts d'ajustement de fond et de résistance atmosphérique dans le NDVI (LIU et HUETE, 1995).

L'EVI a donc été considéré comme un NDVI modifié avec une sensibilité améliorée aux régions à forte biomasse et une capacité de surveillance de la végétation améliorée grâce à un découplage du signal de fond de la canopée et une réduction des influences atmosphériques

(HUETE et JUSTICE, 1999). Grâce à ses performances améliorées par rapport au NDVI, l'EVI a été adopté par le groupe de discipline terrestre MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) comme deuxième indice de végétation mondial pour surveiller l'activité de la végétation photosynthétique terrestre de la terre (HUETE et JUSTICE, 1999).

### **1.3 Détection du changement**

Le processus de détermination du changement d'un phénomène, au cours du temps, en l'observant à différents moments. Cela implique la capacité de quantifier les effets temporels à l'aide d'un ensemble de données multi temporels (SINGH, 1989). L'opération de «Change détection » consiste en la soustraction entre les valeurs de l'NDVI et l'EVI d'une première image; (antérieure); et la suivante (postérieure), pixel par pixel, puis la détermination des classes de comparaison selon le degré du changement entre les deux images (MARIOTTO et GUTSCHICK., 2010). La détection des changements est précédée par des prétraitements d'amélioration géométrique et atmosphérique des images. La comparaison des indices (NDVI) et (EVI) générés pour les deux périodes (1987-2020) a permis d'établir les différents changements dans cette région. Hormis les espaces restés inchangés, les évolutions constatées sont classées selon les types suivants :

Changements régressifs et changements progressifs. Cette partie présentera les outils de travail qui ont permis de traiter les données acquises, ces outils sont essentiellement des logiciels (QGIS 3.2) de traitement numérique d'image.

Les résultats sont complétés, par des tableaux ; apportant la régression, la progression et la stabilité de la végétation ; en termes de superficie et pourcentage, au niveau de la forêt de Belezma

Le processus méthodologique se résume par les étapes suivantes :

- Acquisition des données satellitaire
  - Image Landsat -5 TM/ Landsat -8 OLI du Parc National de Belezma
- Géo-référencement
- Correction atmosphérique et radiométrique des images satellitaire sous (QGIS 3.2)
  - Calcul des Indices de végétation NDVI et EVI appliqué sur les images Landsat -5 TM/ Landsat -8 OLI
  - Réalisation des cartes de synthèse et détection du changement

## **2. Résultats et discussions**

### **2.1 Les indices spectraux**

Les informations quantitatives liées à la réponse spectrale des massifs forestiers étudiés sont recueillies à partir des tables attributaires obtenues pour les deux indices.

## ***Chapitre 5 : Etude diachronique et dynamique du couvert végétal du Belezma***

Ces informations ont fait l'objet d'une synthèse descriptive, les résultats qui en découlent sont récapitulés dans le tableau 2.

**Tableau 2** : Récapitulatif des signatures spectrales multi temporelles du massif de Belezma

| <b>Indices</b>                     |             | <b>NDVI</b> | <b>EVI</b> |
|------------------------------------|-------------|-------------|------------|
| <b>Minimum</b>                     | <b>1987</b> | 0,08        | 0,03       |
|                                    | <b>2020</b> | 0,08        | 0,02       |
| <b>Maximum</b>                     | <b>1987</b> | 0,69        | 0,34       |
|                                    | <b>2020</b> | 0,81        | 0,50       |
| <b>Moyenne</b>                     | <b>1987</b> | 0,38        | 0,17       |
|                                    | <b>2020</b> | 0,48        | 0,21       |
| <b>Déviati<br/>on<br/>standard</b> | <b>1987</b> | 0,10        | 0,04       |
|                                    | <b>2020</b> | 0,13        | 0,05       |

Les valeurs de l'NDVI sont comprises entre -1 et +1, on peut extraire les intervalles des valeurs pour la progression ou régression du couvert végétal.

D'après le tableau 2, les valeurs de l'indice NDVI sont estimées entre 0,08 et 0,69 pour l'année 1987, et entre 0,08 et 0,81 pour l'année 2020.

Les valeurs de l'indice EVI sont estimées entre 0,03 et 0,34 pour l'année 1987, et entre 0,02 et 0,50 pour l'année 2020.

Une valeur élevée des indices NDVI et EVI, indique une densité de végétation élevée, tandis qu'une valeur inférieure des mêmes indices, indique une faible densité de végétation. Les valeurs proches de -1 désignent la diminution de la végétation par contre celles qui sont proches de +1 désignent que la végétation est en bonne croissance et en bonne santé.

Le NDVI et l'EVI présentent des résultats de même tendance pour les paramètres «valeur maximale et minimale», avec des valeurs plus élevées enregistrées l'année 2020, tandis que les valeurs les plus basses enregistrées l'année 1987. On constate que les valeurs des indices calculés pour la zone d'étude sont différentes d'une année à une autre. Cette différence interannuelle est essentiellement liée aux conditions environnementales.

## 2.2 Dynamique et évolution spatiotemporelle du couvert végétal

L'analyse (figure 3 et tableau 3) montre que 17,04 % de la surface du parc a subi des changements, qui correspondent à une superficie de 4646,34 hectares, et 22584,51 ha soit un taux de 82,93% n'a pas subi un changement.

**Tableau 3** : La dynamique de la végétation (NDVI ,1987-2020).

| NDVI (2020 -1987)                    | Count  | Superficie/ ha | %     |
|--------------------------------------|--------|----------------|-------|
| <b>Régression &gt; 0</b>             | 19310  | 1737,9         | 6,38  |
| <b>] 0-0,1] stabilité</b>            | 250939 | 22584,51       | 82,93 |
| <b>Progression] 0,1-0,2] faible</b>  | 30827  | 2774,43        | 10,18 |
| <b>Progression] 0,2-0,3] moyenne</b> | 1325   | 119,25         | 0,43  |
| <b>Progression] 0,3-0,4] forte</b>   | 164    | 14,76          | 0,05  |

**Tableau 4** : La dynamique de la végétation (EVI ,1987-2020).

| EVI (2020 -1987)                     | Count  | Superficie/ ha | %       |
|--------------------------------------|--------|----------------|---------|
| <b>Régression &gt; 0</b>             | 18955  | 1705,95        | 6,26    |
| <b>] 0-0,1] stabilité</b>            | 273395 | 24605,55       | 90,33   |
| <b>Progression] 0,1-0,2] faible</b>  | 10135  | 912,15         | 3,34    |
| <b>Progression] 0,2_0,3] moyenne</b> | 155    | 13,95          | 0,051   |
| <b>Progression] 0,3-0,4] forte</b>   | 3      | 0,27           | 0,00099 |

D'après le tableau 4 et la figure 6 on constate que 2632,32 ha soit (9,65%) de la superficie du parc a subi un changement, et 24605,55 ha soit un taux de 90,33% de la superficie du parc n'a pas subi un changement.

Les résultats obtenus sont des cartes qui présentent la dynamique et l'évolution du couvert végétal de Belezma. La spatialisation des changements dans la structure de la région d'étude entre 1987 et 2020 est illustrée par les figures 3 et 6.

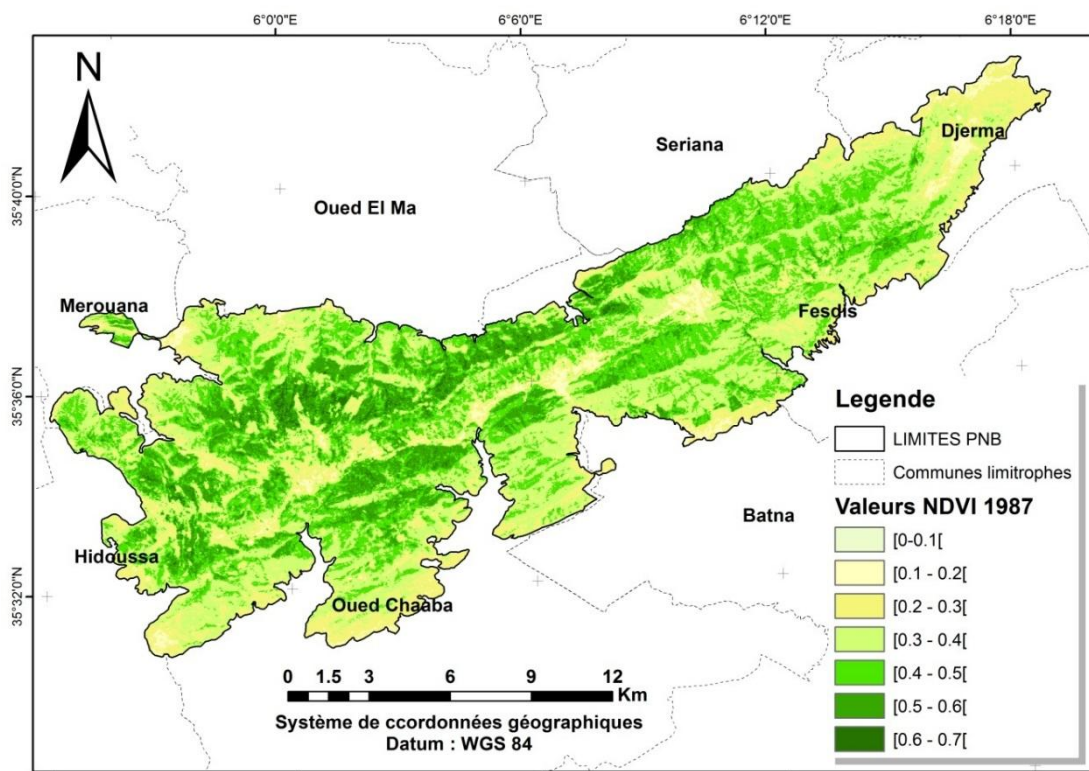


Figure 1 : Carte de l'indice de végétation NDVI pour les massifs de Belezma (1987).

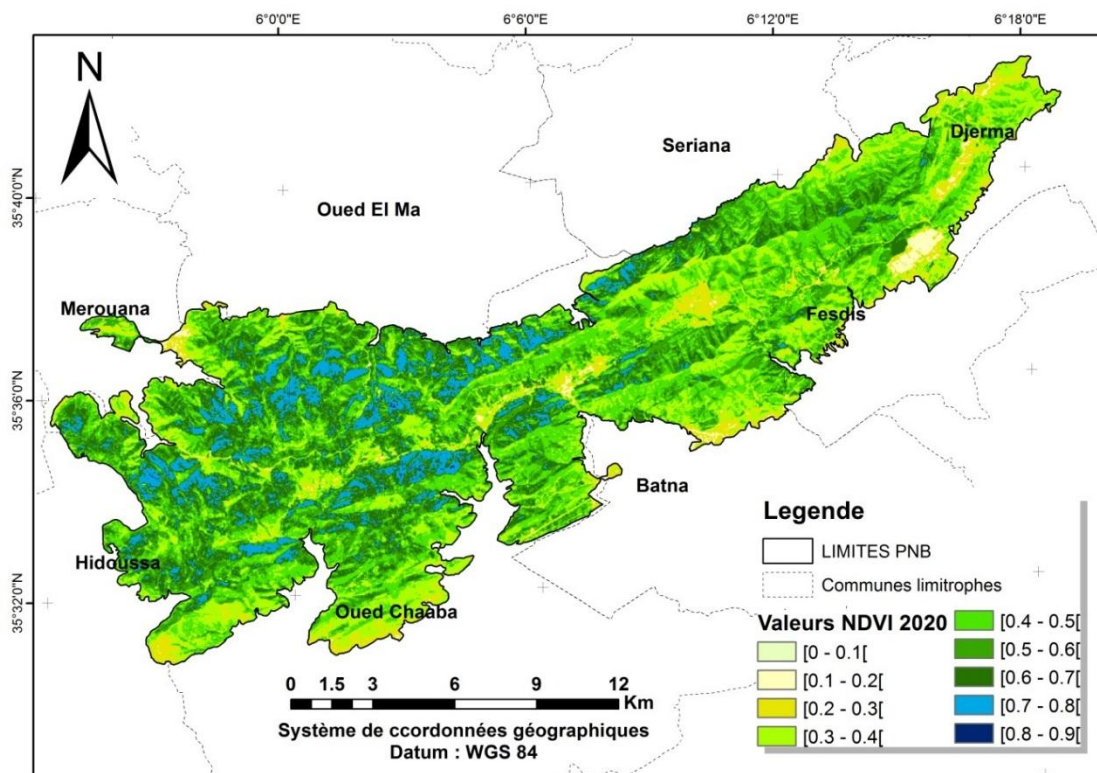


Figure 2 : Carte de l'indice de végétation NDVI pour les massifs de Belezma (2020).

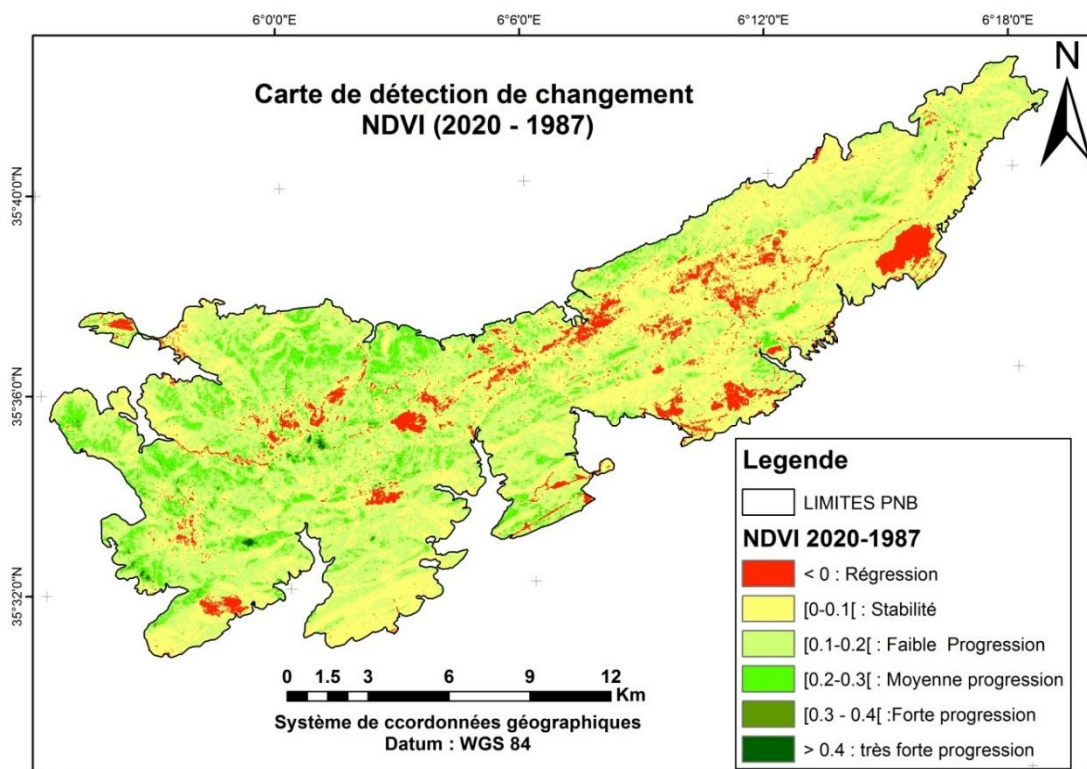


Figure 3: Carte des changements du NDVI détectés pour les massifs de Belezma entre 1987 et 2020.

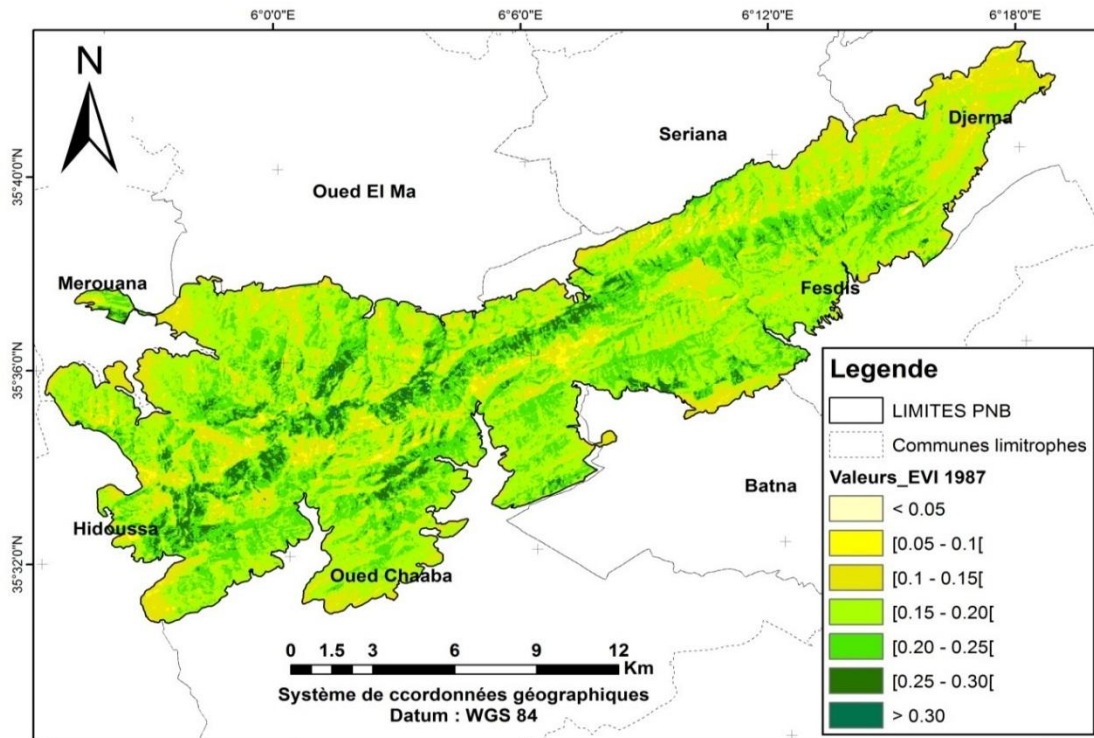


Figure 4: Carte de l'indice de végétation EVI pour les massifs de Belezma (1987).



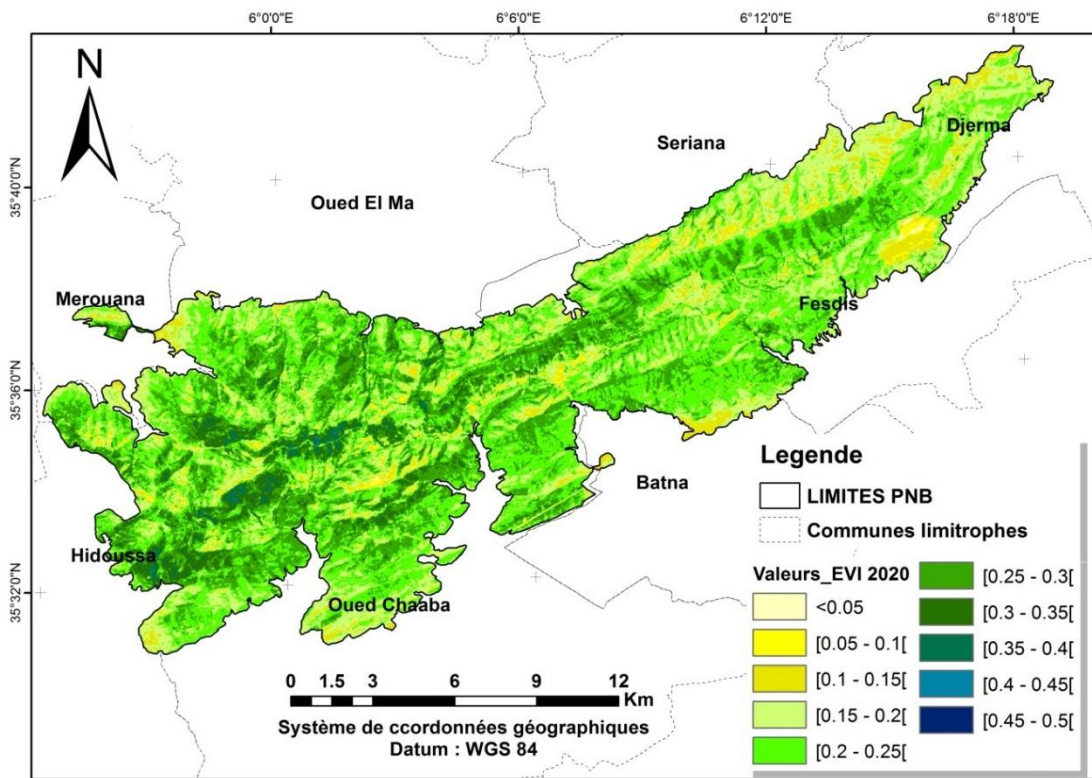


Figure 5 : Carte de l'indice de végétation EVI pour les massifs de Belezma (2020).

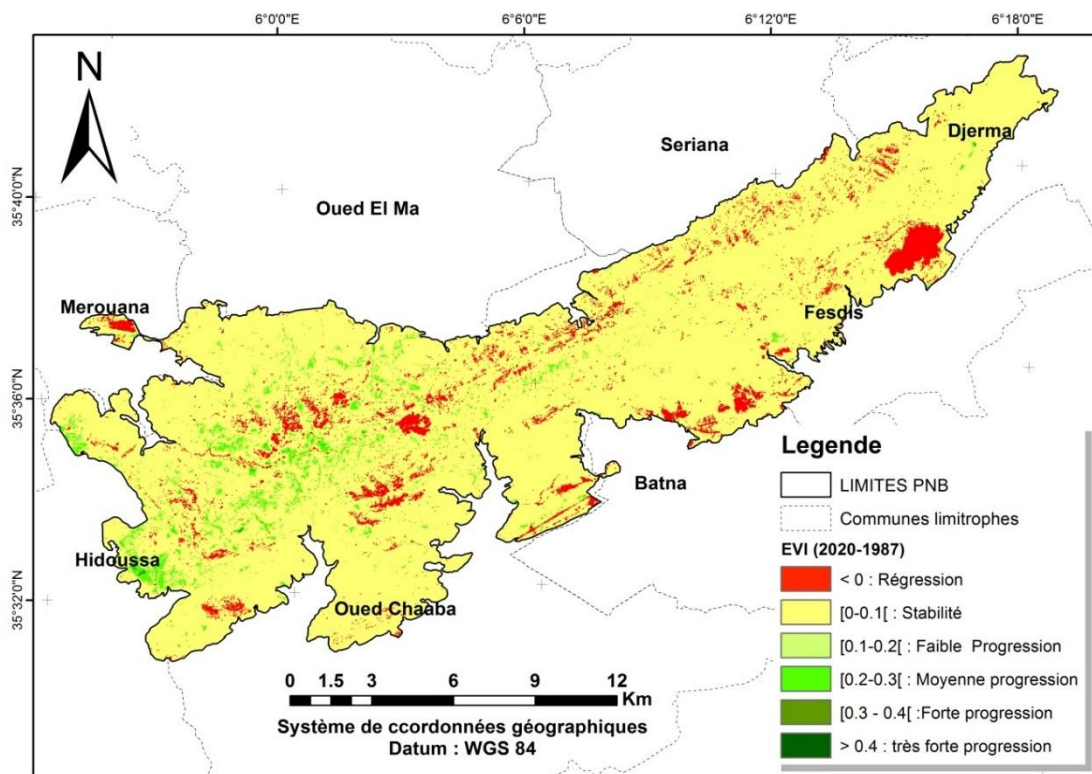


Figure 6 : Carte des changements du EVI détectés pour les massifs de Belezma entre 1987 et 2020.

Le changement dans la composition de l'écosystème forestier étudié s'exprime à travers des classes, qui se sont utilisées pour discriminer les niveaux de l'intensité de l'évolution qui s'est opérée dans un laps de temps de 33 ans, entre 1987 et 2020. Les indices spectraux sélectionnés présentent une capacité de distinction de cinq niveaux (classes de changement).

### **2.2.1 La classe de régression**

Cette classe présente pour l'indice NDVI une superficie de 1737,9 ha soit un taux de (6,83%) et concernant EVI présente une superficie de 1705,95ha avec un taux de (6,26%).

Il est à signaler que la régression est liée aux pertes d'énormes surfaces de Cèdre de l'Atlas qui a subi un phénomène de dépérissement fortement attribué aux changements climatiques, et d'une importance moindre de Chêne vert suite aux incendies qui constituent le facteur de dégradation le plus redoutable de la forêt. La régression du Cèdre de l'Atlas au profit du matorral de Chêne vert au niveau du parc est signalée par (SMAIHI *et al*, 2017). KHERCHOUCHE *et al*, (2013), aussi soulignent que la cédraie du parc de Belezma a connu depuis 1880 des épisodes de dépérissement massif précédés par des périodes sèches, et que la période 1999 – 2002 est la plus sèche depuis 1845. GAREH *et al*, (2016), ont observé que les étendues des cédraies de Belezma et de l'Aurès ont considérablement diminués ce qui a conduit au déclin de ces forêts. Car la dominance du matorral au détriment de la forêt est un fait historique et cette dynamique régressive des formations arborées en maquis ou garrigues continue toujours. ABDESSEMED (1981), a souligné la dégradation de la végétation des monts de Belezma surtout le cèdre qui subit de lourdes conséquences à la suite d'exploitations abusives, mais aussi d'un pastoralisme dans les montagnes. Cette situation continue d'être affirmée par d'autres auteurs, SAHLI (2004) et BENTOUATI (2008), notant une régression des formations forestières sous l'effet de pressions anthropiques sévères telles que : coupes de bois, surpâturage et incendies.

### **2.2.2 La classe stabilité**

Indique un état de stabilité absolue, avec une structure constante dans le temps tant dans l'espace, ce qui est très rare dans la nature. Cette classe présente une superficie de 22584,51ha soit un taux de (82,93%), pour NDVI, et 24605,55 ha soit un taux de (90,33%) pour EVI.



### **2.2.3 La classe progression faible**

Cette classe présente une superficie de 2774,43 ha soit un taux de (10,18%), pour NDVI, et 912,15 ha soit un taux de (3,34%) concernant EVI. La progression se manifeste essentiellement dans la partie Nord du massif qui se caractérise par les conditions climatiques les plus avantageuses à travers tout le massif avec un type de climat exceptionnellement semi aride et subhumide .Cela s'explique par un développement du Chêne vert. Cette progression est liée très probablement à l'efficacité des actions sylvicoles surtout le nettoyage des parcelles incendiées et les reboisements. (PNB, 2020).

### **2.2.4 La classe progression moyenne et forte**

Correspond à une amélioration plus ou moins marquante dans le couvert végétal. La progression prétendant le massif est observé au Nord-ouest et Sud- ouest , et s'exprime ainsi par une augmentation des superficies occupées par le Chêne vert, qui commence à prendre de l'ampleur aux dépens des espèces dominantes « le Cèdre de l'Atlas ». Cette expansion spectaculaire du Chêne vert dans ce massif a été déjà mise en évidence par deux études récentes ; (SMAIHI *et al.*, 2017 et BARBACHE ,2021) . Selon ces mêmes études, la progression du Chêne vert est essentiellement naturelle. Cette espèce possède un caractère concurrentiel très remarquable. En effet, nous avons remarqué qu'elle s'installe dans les endroits où l'étage dominant occupé par le Cèdre de l'Atlas a complètement disparu suite au dépérissement et aux défrichements de la forêt. Selon BARBACHE, (2021), une évolution progressive de la végétation dense durant la période allant de 1986 jusqu'à 2000, à cause de la régénération après incendies dans la forêt de Belezma au cours de la période 1986-1998.

### **Conclusion**

L'étude de la dynamique des formations végétales, nous mène à constater que la couverture végétale du parc national de Belezma a subi des changements d'occupation du sol. Cette étude nous a permis d'avoir des informations précises sur les changements des superficies des formations forestières dans la zone étudiée. La comparaison visuelle des cartes des deux indices sélectionnés révèle une diversité dans la distribution spatiale et l'intensité du changement dans l'écosystème forestier étudié. La lecture des données obtenues à partir des deux indices l' NDVI et l'EVI permet de détecter les différents niveaux d'évolution spatiotemporelle des types de végétation qui caractérisent les écosystèmes forestiers de Belezma, ainsi que l'estimation de l'ampleur du changement.

## ***Chapitre 5 : Etude diachronique et dynamique du couvert végétal du Belezma***

---

Les résultats obtenus révèlent des tendances régressives et faiblement progressives au cours de cette période. L'explication des causes de ces évolutions régressives sont diverses, les années successives de sécheresse et les contraintes anthropiques. Les évolutions progressives concernent essentiellement la régénération naturelle surtout après incendies et les reboisements. Au vu de ces résultats, des mesures d'urgence pour la protection du couvert végétal doivent être entreprises, à savoir les mises en défends et la réalisation des travaux sylvicoles pour assurer la protection et la préservation de ce patrimoine forestier.

---

---

*CONCLUSION GÉNÉRALE*

---

---

## ***Conclusion générale***

---

### **Conclusion générale**

La chênaie verte du parc national de Belezma représente un patrimoine naturel menacé par des facteurs d'ordre naturel et anthropique, ce patrimoine a subi une dégradation intense, nécessitant sa conservation et sa préservation afin d'éviter une régression réelle et irréversible, qui conduirait à la disparition des formations qui composent cet écosystème.

Au terme de ce travail, l'étude bioclimatique diachronique nous a permis de définir un changement climatique qui se manifeste entre l'ancienne et la nouvelle période (1913-1937), (1989-2018), par une augmentation des températures ; une pluviométrie très irrégulière et une diminution des précipitations, donc un allongement de la période sèche et une tendance vers l'aridification. On constate une tendance du climat à l'aridité, ce qui a des répercussions sur le couvert végétal.

Les résultats de l'analyse pédologique de ces chênaies montre que l'ensemble des caractères physico-chimiques des échantillons analysés ont une texture limoneuse avec une bonne perméabilité ; Limono-argileuse ; Argileuse et Limono-argileuse fine pour les stations étudiées. Le *Quercus ilex* est une essence robuste connue par sa capacité à s'adapter aux différents types de substrat. Cependant le climat est le facteur le plus prépondérant dans le renouvellement des espèces, le rôle important du filtre environnemental dans la distribution des espèces, l'étude de la diversité le long du gradient d'aridité, montre que, plus la xéricité est forte, plus le milieu change et plus le renouvellement des espèces devient plus important.

Cette étude se concentre sur la phytoécologie, l'analyse de la diversité floristique et la dynamique de la végétation au sein de l'écosystème forestier de la chênaie du PNB. La richesse floristique de cet écosystème estimée de 162 espèces. dont 62 espèces ne sont pas signalées dans la liste de la flore du PNB.

Ces espèces sont réparties sur 131 genres et 41 familles botaniques. Certaines familles se distinguent par leur prédominance, notamment les Asteraceae, les Lamiaceae, les Poaceae, les Liliaceae et les Brassicaceae. Ces familles sont parmi les plus riches en termes de genres et d'espèces dans la composition taxonomique et sont bien représentées dans les régions méditerranéennes.

L'analyse de spectre biologique révèle la dominance des hémicryptophyte pour les stations étudiées (Ain Kerrouche ; Boumerzoug ; Kassrou ; Om rkhaa ; Nafla) à

## Conclusion générale

L'exception de la station de Belkhez où on assiste à une dominance des chaméphytes. Les thérophytes occupent une place importante avec des indices de perturbation qui indiquent un milieu perturbé avec un degré de thérophytation élevé dans les stations étudiées (50%), la présence des thérophytes par rapport aux autres types biologiques provoquent l'aridité et la dégradation du milieu. Cette dynamique régressive de la végétation forestière est surtout marquée par le recul de la forêt climacique et l'extension des formations végétales par des espèces xérophiles, parmi ces espèces on peut citer : (*Stipa tenacissima*, *Ampelodesma mauritanicum*), et l'installation des espèces favorisées par le pâturage tels que (*Asphodelus microcarpus*).

Par ailleurs, les phanérophytes et les géophytes sont moins représentées, ce qui peut être expliqué par le degré de l'ouverture du milieu d'une part et la dégradation des formations forestières et pré forestières d'autre part.

L'examen des éléments chorologiques, montre la dominance de l'élément méditerranéen dans cette chênaie, ce qui confirme bien l'appartenance du territoire étudié à la flore méditerranéenne.

Les valeurs élevées de diversité et d'équitabilité calculées à partir de l'indice de Shannon qui varient de 4,78 à 5,99 bits et qui ont été enregistrées dans les stations étudiées pour une richesse totale de 31 à 83 espèces max. L'équitabilité est élevée dans les stations étudiées avec des valeurs qui varient de 0,94 à 0,97 %, ce qui présente des peuplements riches, diversifiés et bien répartis et équilibrés.

L'analyse dendrométrique de ces peuplements de Chêne vert, montre une productivité relativement faible mais non négligeable, qui varie entre (1,8 et 18,1 m<sup>3</sup>/ha), cette dernière peut être expliquée par la faible densité et l'état dégradé des peuplements, causés par les changements climatiques, les coupes illicites et le surpâturage qui est très marqué dans la zone d'étude, ainsi que les incendies, les maladies, et le manque des travaux sylvicoles. Malgré la faible productivité de ces peuplements, ces derniers jouent un rôle écologique très important dans la conservation et la protection des sols contre l'érosion et la lutte contre la désertification.

L'étude des variations spatiotemporelles du couvert végétal au niveau du parc national de Belezma, a montré que l'analyse géomatique par télédétection satellitaire, le calcul d'indices spectraux (NDVI, EVI), la cartographie du changement et la comparaison diachronique a permis la caractérisation de la dynamique spatiotemporelle

## *Conclusion générale*

---

entre 1987 et 2020 dans la région d'étude. Les résultats obtenus révèlent des tendances régressives liées principalement aux pertes considérables de surfaces d'essences principales tels que le Cèdre de l'Atlas qui a subi un phénomène de dépérissement attribué aux changements climatiques, et le Chêne vert qui a également subi des pertes suites aux sûrpaturation et incendies qui représentent des facteurs de dégradation d'écosystèmes forestiers. D'autres tendances faiblement progressives au cours de cette période. Les interprétations de causes de ces évolutions régressives sont diverses, les années successives de sécheresse et les contraintes anthropiques. Les évolutions progressives concernant essentiellement la régénération naturelle surtout après incendies et les reboisements.

En perspective, il serait intéressant d'étaler ce type d'études et de concevoir un programme de développement durable qui prendra en considération la préservation de ces écosystèmes forestiers, la valorisation rationnelle du potentiel floristique par la mise en défend, et de proposer un programme de reboisement peuvent être mis en œuvre pour restaurer les zones dégradées et augmenter la densité des peuplements de Chênes verts pour assurer la conservation de ces chênaies. Prévoir un plan de lutte contre les incendies et les délits. Nous préconisons l'application d'une sylviculture adaptée à chaque peuplement forestier dans la région d'étude, afin de favoriser la régénération et d'assurer la pérennité de la forêt. Surtout les actions sylvicoles pratiquées pour le Chêne vert par des recépages, balivages et des éclaircies précoces pour sélectionner les brins d'élites et d'avenir. Il est recommandé de mettre en place des initiatives de sensibilisation et l'éducation environnementale jouent également un rôle crucial. Informer les communautés locales sur l'importance écologique du Chêne vert et encourager des pratiques durables d'utilisation des ressources naturelles contribueront à réduire les pressions anthropiques sur cette essence, ce qui pourra assurer une meilleure protection, préservation et gestion de ce précieux patrimoine forestier.

---

---

*RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES*

---

---

**Références bibliographiques**

1. **ABDESSEMED K ., 1981.** Le cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica M.*) dans les massifs de l'Aurès et du Belezma. Etude phytosociologique. Problèmes de conservation et d'aménagement. Thèse Doct. Ing Univ. De droit, d'économie et de sciences, Aix-Marseille, 199.
2. **ACHHAL A.,1979.** Le chêne vert dans le haut Atlas central : Etude phytoécologique. Problèmes posés par les aménagements de la chênaie. Thèse doct. 3<sup>e</sup> cycle. Univ. Aix- Marseille III: 116 p.
3. **ALCARAZ C., 1968.** Flore des sahels, des basses plaines, des plateaux et des sebkhas de l'oranie septentrionale. Pol.245 p. représentant 578 espèces, 38 pl.
4. **ALCARAZ, C., 1989.** Contribution à l'étude des groupements à *Quercus ilex* et *Quercus faginea* subsp. Tlemcenensis des monts de Tlemcen (Algerie). *Ecologia Mediterranea*, 15, 15-32.
5. **ANONYME. 2001.** Elevage et Pastoralisme au sein du Parc National de Belezma (Biodiversité). Le Programme U.I.C.N d'Afrique du Nord. A.N.N ,Agence Nationale pour la Conservation de la Nature. 37 p.
6. **AUBERT G., 1978 .**Méthodes d'analyse des sols. 2<sup>ème</sup> édit. Centre national de documentation pédagogique. C.N.D.P. Marseille. 191 p.
7. **AUCLAIRE D., METAYER S., 1980.** Méthodologie de la biomasse aérienne sur pied et de la production en biomasse des taillis. *Acta Oecol. Plant*, 1(4), pp.357-376.
8. **BAGNOULS F., GAUSSEN H., 1953.** Saison sèche et indice xérothermique. Doct. Cart. Prod. Vég. Ser. Gen II, 1, art. VIII, Toulouse, 47. I carte.
9. **BAIZE D., 1988.** Guide des analyses courantes en pédologie : choix expression-présentation interprétation .Éd. INRA. Paris. 172p.
10. **BAIZE D., 2000.** Guide des analyses en pédologie. 2<sup>ème</sup> édition. Ed. INRA, Paris. 275 p.
11. **BARBACHE A ., 2021.** Etude et analyse de la végétation et de la flore des Cédraies de Belezma et de Guettiane : Diagnostic phytoécologique et essai de cartographie des indicateurs de la dégradation du couvert végétal. Thèse de doctorat en sciences biologiques. Université Mustapha Ben Boulaid-Batna 2,158.
12. **BARBERO M., LOISEL R., 1980.** Le chêne vert en région méditerranéenne. *Rev. For. Fr.*, 32:531-543.
13. **BARBERO M., QUEZEL P., LOISEL R., 1990.** Les apports de la phytoécologie dans l'interprétation des changements et perturbations induits par l'homme sur les écosystèmes forestiers méditerranéens. *Forêt Méditerranéenne*, 12,194– 215.
14. **BARBERO M., LOISEL R., QUEZEL P., 1992 .**Biogeography, ecology and history of Mediterranean *Quercus ilex* ecosystems. *Vegetation* 100 (99): 19-34



- 15. BARRY J.P., CELLES J.C., FAUREL L., 1974.** Carte Internationale du tapis végétal et des conditions écologiques (1/1.000.000) et notice explicative. Pub. Service d'écologie de l'Univ. D'Alger. Edit. Par soc. D'histoire naturelle de l'Afrique du nord.
  
- 16. BARRY J.P., CELLES J.C., FAUREL L., 1976.** Notice de la carte internationale du tapis végétal et des conditions écologiques. Feuille d'Alger au 1/1.000.000 C.R.B.T., Alger : 42 p.
  
- 17. BAYER, R.J. and STARR, J.R., 1998.** Tribal phylogeny of the Asteraceae based on two noncoding chloroplast sequences, the trnL intron and the trnL/trnF intergenic spacer. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 85 : 242–256.
  
- 18. BEGHAMI Y., 2013.** Etude et dynamique de la végétation de l'Aurès : Analyse spatio-temporelle de la flore forestière et montagnarde. Thèse de doctorat en sciences agronomiques. Université Mohamed Khider Biskra, 193.
  
- 19. BEGHAMI Y. KALLA M. VELA E. THINON M et BENMESSAOUD H., 2013.** Le Genévrier thurifère (*Juniperus thurifera* L.) dans les Aurès, Algérie : considérations générales, cartographie, écologie et groupements végétaux. *Ecologia mediterranea* – Vol. 39 (1) – 2013 p17-30.
  
- 20. BENARADJ A., 2010.** Contribution à l'étude phyto-écologique du *Pistacia atlantica* Desf. dans la région de Béchar (Sud-Ouest algérien). Mémoire de Magistère, Faculté des Science de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre et de l'Univers, Université de Tlemcen. 147 p.
  
- 21. BENABDELLAH M.A., 2007.** Essai d'une analyse phyto-écologiques des groupements à thuya et à chêne vert dans la partie sud-ouest des monts de tlemcen. Mémoire. magister. Forest. Univ. Tlemcen, 258p + Annexes.
  
- 22. BENABDALAH M.A., 2010 .**Analyse phytoécologique des groupements à thuya (*Tetraclinis articulata* (Vahl) Masters) et à chêne vert (*Quercus rotundifolia* Lam.) dans les monts de Tlemcen (Algérie occidentale). Univ de Tlemcen.
  
- 23. BENABDELLAH MAAMARI SM., ELHAITOU M., OLLIER S., 2010.** Analyse phytoécologique des groupements à thuya (*Tetraclinis articulata* (Vahl) Masters) et à chêne vert (*Quercus rotundifolia* Lam) dans les monts de Tlemcen (Algérie occidentale). *Ecologia mediterranea*, 36, 2 : 84–97.
  
- 24. B.N.E.F. 1986.** Etude d'aménagement du Parc National de Belezma. Phase I. II. III et IV. Ministère de l'hydraulique de l'environnement et des forêts.
  
- 25. BENDAANOUN M., 1981.** Etude cynécologique et dynamique de la végétation halophile et hydro-halophile de l'estuaire de Bou-Reg Reg (atlantique Maroc). Application et perspective d'aménagement. *PHD thesis. University of St Jérôme*. Aix-Marseille III.
  
- 26. BENTAOUTI A., 2006 .** Croissance, productivité et Aménagement des forêts de Pin d'Alep (*Pinus halepensis* M) du Massif d'Ouled Yaakoub. Khenchela, Aurès. Thèse Doctorat d'état. Batna. 16 p

## ***Références Bibliographiques***

---

- 27. BENTOUATI A., 2008.** La situation du Cèdre de l'Atlas dans les Aurès (Algérie). *Forêt méditerranéenne* t. XXIX. 2 :203-208.
- 28. BENTOUATI A ET BARITEAU M., 2006.** Réflexions sur le dépérissement du Cèdre de l'Atlas des Aurès (Algérie). *Forêt méditerranéenne* t. XXVII. 4: 317-322
- 29. BICHARD D., 1982.** Relations entre quelques paramètres édaphiques et la productivité du chêne vert au LUBERON. *Ecologia mediterranea*. VIII (4): 131-142.
- 30. BONIN G., ROMANE F., 1996.** Chêne vert et chêne pubescent. Historique, Principaux groupements, Situation actuelle. *Forêt Méditerranéenne* XVII, 3 : 119-128.
- 31. BOUCHON J., 1979.** Structure des peuplements forestiers. *Ann. Sci. Forest.* 36 (3), pp. 175-209.
- 32. BOUCHON J. et PARDE J., 1988.** Dendrométrie Edition. ENGREF Nancy 2<sup>ème</sup> édition. 327 P.
- 33. BOUDY P., 1952 .** Guide du forestier en Afrique du Nord. Ed. La maison rustique, Paris, 505 p.
- 34. BOUKERKER H., 2016.** Autoécologie et évaluation de la biodiversité dans les Cédraies de *Cedrus atlantica Manetti* dans le parc national de Belezma (Batna, Algérie). Thèse Doc. Université Mohamed Khider –Biskra. Faculté des Sciences Exactes, des Sciences de la Nature et de la Vie. Département des sciences Agronomiques, 213.
- 35. BRAQUE R., 1988.** Biogéographie des continents. Masson, Paris, 221.
- 36. BRAUN BLANQUET J., 1934 -** Plant sociology- de study of plant communities. MC Graw.Hill-New-york.NY.
- 37. BRAUN-BLANQUET J., 1938.** Prodrôme des groupements végétaux : Bromion erecti. Com. Intern. Prodrôme Phytosocio., fasc, 5.
- 38. BRAUN-BLANQUET J. 1951.** Les groupements végétaux de la France méditerranéenne. C.N.R.S. Paris, 297.
- 39. BRISSE H., DE RUFFRAY P., GRANDJOUAN G., HOFF M., 1995 -** European vegetation survey. La banque de données phytosociologiques « Sophy ». *Annali di Botanica*, LIII, 191-223.
- 40. CHAABANE A., 1993.** Etude de la végétation du littoral septentrional de la Tunisie : Typologie, syntaxonomie et éléments d'aménagement, Thèse. Doct. Es SCI. Uni. Aix - Marseille 111.338.
- 41. CHAIRA N., AIT MEDJBER R., 2010.** Ebauche phytosociologique sur les deux stations Boumerzoug et Tuggurt, inventaire floristique et élaboration d'un herbier-photos (parc national de Belezma). Mémoire. Ingé. Univ. Batna. 75.
- 42. CHEIKH AL BASSATNEH M., 2007.** Facteurs du milieu, gestion sylvicole et organisation de la biodiversité : les systèmes forestiers de la montagne de Lure (Alpes de Haute-Provence, France). Thèse Doct. Univ. Paul Cezanne Aix-Marseille III, 216 + annexes.

- 43. CHENOUNE K., 1991** .Contribution à l'étude écodendrométrique d'une futaie et d'un taillis de chêne-liège dans le massif forestier de Beni-Ghobri. Mémoire d'ingénieur d'état en Agronomie Université Tizi-Ouzou. 86 P.
- 44. DAGET P.H., 1980**. Sur les types biologiques en tant que stratégie adaptative (cas des thérophytes) .In: Barbault R ; Blandin P et Meyer J A.(eds),Recherches d'écologie théorique,les stratégies adaptatives.Maloines ,Paris:89 -114.
- 45. DAGET P.H., 1989**. De la réalisation des plans d'échantillonnages en phytosociologie générales. Quelques algorithmes d'allocation. Biocénoses T.4.N 1 (2). 98-118.
- 46. DAGNELIE P. 1970**. Théorie et méthode statistique. Vol. (2). Duclot. Gembloux.
- 47. DAHMANI-MEGREROUCHE M., 1984**. Contribution à l'étude des groupements à chêne vert des monts de Tlemcen (Ouest algérien). Approche phytosociologique et phyto-écologique. Thèse Doct. 30 Cycle : Univ.- H.BOUUMEDIEN, Alger. 238 + annexes.
- 48. DAHMANI-MEGREROUCHE M., 1988**. La Place du chêne vert en Algérie et en Méditerranée occidentale. Biocenoses, 3(12):25-42.
- 49. DAHMANI-MEGREROUCHE M., 1996**. Groupements à chêne vert et étages de végétation. Ecologia Mediterranea, XXII (3/4), 39-52.
- 50. DAHMANI-MEGREROUCHE M., 1997**. Le Chêne Vert en Algérie. Syntaxonomie, Phytoécologie et dynamique des peuplements. Thèse Doct. Es-Sci. En Ecologie. Inst. Sc. Nat. Univ. Sc. Et. Tech Houari Boumediène (USTHB) Alger, 329 + annexes.
- 51. DAHMANI-MEGREROUCHE M., 2002** .Typologie et dynamique des chênaies vertes en Algérie. *Forêt méditerranéenne* t.XX III, n° 2, 117-132
- 52. DAJOZ R., 1982**. Précis d'écologie.Ed.*Gauthier* .villars.
- 53. DAJOZ R., 2003**. Précis d'écologie. Dunod, Paris, 615.
- 54. DANIN A ., ORSHAN G., 1990**. La distribution de RAUNKIAER Life formse en Israël en relation et - enquêtes de terrain. *Journal of vegetation science*, 5: 347–354.
- 55. DAOUDI I., 2017** .Diagnostic écologique et conservation des chênaies de chêne vert (*Quercus ilex* : Fagaceae) du parc national de Belezma (massifs de Touggurt et Boumerzoug). Th. Magister. Institut des sciences vétérinaires et des sciences agronomiques. Université Batna 01.
- 56. DEBAZAC E.F., 1959**. La végétation forestière de la Kroumirie. Ann. Ecole Eaux Forêts, 14 (2): 131.
- 57. DEBRACH J., 1953**. Notes sur les climats du Maroc occidental. *Maroc médical*, (342) : 1122-1134.
- 58. DE MARTONNE E., 1926** .Une nouvelle fonction climatologique : l'indice d'aridité. La météo. pp : 449 - 459.
- 59. DJEBAILI S., 1984**.Steppe algérienne, phytosociologie et écologie. O.P.U. Alger.127.

60. **DUCHAUFFOUR P., 1966.** Le problème du climax et l'évolution des sols. *Oecol. Plant.* 2(1) :165-174.
61. **DUCHAUFFOUR P., 1977.** Pédologie et classification. Ed. Masson, Paris. 477 p.
62. **DUCHAUFFOUR P., 1995.** Pédologie. Sol, végétation, environnement. Masson, Paris, 4<sup>ème</sup> édition, 317p.
63. **DURAND J H ., 1983.** Les sols Irrigables. Etude pédologique. Presses Universitaire de France. Agence de Coopération Culturelle et Technique. Edition Boudin, Paris. 385p.
64. **DURIETZ E.,1920.** Zun methodologischen Grundlage der modernen pflanzenzoologie. Uppsala, 252p.
65. **EL HAMROUNI A., 2001.** Conservation des zones humides littorales et des écosystèmes cotiers du Cap-Bon .Rapport de diagnostic des sites, partie relative à la flore et à la végétation. Méd W et Coast, République Tunisienne, 38.
66. **EMBERGER L., 1952.** Sur le quotient pluviométrique. C.R.A.Sc. CCXXXIX: 2508–2510.
67. **EMBERGER L., 1955.** Une classification biogéographique des climats. Recueil. Trav. Labo. Géol. Zool. Fac. Sci. Montpellier. 48 p.
68. **EMBERGER L., 1971 .**Travaux de botanique et d'écologie. Ed. Masson. Paris. 520 p.
69. **EZZAHIRI M., BELGHAZI B., 2002.** Biomasse du chêne vert (*Quercus rotundifolia* Lan) en tant que ressource fourragère : exemple des chênaies du Moyen-Atlas, du plateau central et du Maroc Oriental. *Sci et Changement planétaire. Sécheresse.* 13 (3), p 181.
70. **FAURIE C., FERRA CH., MEDORI P., DEVAUX J., HEMPTIENNE J-L., 2003.** Ecologie, Approche scientifique et pratique. 4<sup>e</sup> édition, Ed. Tec et Doc (Lavoisier), 407 p.
71. **FLORET C ., PONTANIER R., 1982.** L'aridité en Tunisie présaharienne, climat, sol, végétation et aménagement. ORSTOM.
72. **FLORET C., GALAN M.J., LE FLOC'H E., ROMANE F., 1990.** Dynamics of Holm oak (*Quercus ilex* L.) Coppices after clear cutting in southern France. *Vegetation.* 99 - 100 in, Romane F et Terradas G. (eds); *Quercus ilex* L. Ecosystems function, dynamics and management kluwer Academy - Publishers. Belguin : 97–105.
73. **FRONTIER S., PICHOD-VIALE D., LEPRETRE A., DAVOULT D., LUCZAK C., 2008.** Écosystèmes : structure, fonctionnement, évolution. 4<sup>e</sup> édition. Dunod, Paris. 558.
74. **GAO, B.C ., 1996.** NDWI - A normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space. *Remote Sensing of Environment* , 58, 257–266.
75. **GAOUAR A., 1980.** Hypothèses et réflexions sur la dégradation des écosystèmes forestiers dans la région de Tlemcen (Algérie). *Forêt méditerranéenne.* II, 2 : 131 - 146.

## ***Références Bibliographiques***

---

- 76. GARAH K., CHAFAI CH., BENTOUATI A., 2016.** Évolution spatiotemporelle des écosystèmes forestiers à Pin d'Alep de l'Aurès oriental (Algérie). *Revue Forestière Française*, 3 : 217-229.
- 77. GAUDIN S., 1996.** Dendrométrie des peuplements. BTSA Gestion forestière module D42. Chatoufarine. V 1.1. 64 p.
- 78. GAUSSEN H., 1954.** Les limites du climat méditerranéen. C.R. VIII congrès intern. Bot., Paris : 161-164.
- 79. GAUSSEN H., LEROY J.F; OZENDA P., 1982.** Précis botanique 2. Les végétaux supérieurs. Edit Masson. Paris. Pp : 500-501. ROMANE (1987).
- 80. GEGOUT J.C., 1995.** Étude des relations entre les ressources minérales du sol et la végétation forestière dans les Vosges. Thèse ENGREF, Univ. Nancy I, 215 p.
- 81. GHARZOULI R., DJELLOULI Y., 2005.** Diversité floristique des formations forestières et pré forestières des massifs méridionaux de la chaîne des Babors (Djebel Takoucht, Adrar ou Mellal, Tababort et Babor), Algérie. *Journal de la Société Botanique de France*, 29: 69-75.
- 82. GILLET F., 2000** .La phytosociologie synusiale intégrée Guide méthodologique Neuchatel : Université de Neuchatel, laboratoire d'écologie végétale et phytosociologie.68P.
- 83. GILBERT F.S., WILMERS P.G. SEMIDA F.M., GHAZOUL J., ZALAT S.M., 1996.** Spatial variation in selection in a plant-pollinator system in the Wadis of Sinai, Egypt. *Oecologia*, 108:479-487.
- 84. GLELE KAKAÏ R., SALAKO V. K., PADONOU E. A., LYKKE ET A. M., 2016.** méthodes statistiques multivariées utilisées en écologie. Annales des Sciences Agronomiques 20 - spécial Projet Undesert-UE : 139-157 (2016) ISSN 1659-5009.
- 85. GOUNOT M., 1969.** Méthodes d'études quantitatives de la végétation. Ed. Mass., Paris. 1-314.
- 86. GRACIA M., 1998.** Les taillis de chêne vert, irréguliers et furetés, du Nord-Est de la Péninsule Ibérique. *Chronique Internationale. For.Fr.L-5- 467-478p.*
- 87. GRIME J P ., 1977.** Evidence for the existence of the three primary strategies in plants and its relevance to ecological and evolutionary theory. *the american naturalist* 111:1169-1194.
- 88. GUYOT G., 1999.** Climatologie de l'environnement, Edi, Dunod ; Paris, 507 p.
- 89. HAICHOOR R., 2009.** Stress thermique et limite écologique du Chêne vert en Algérie. Mém. Magister, Univ. Mentouri, Constantine, 151 p.
- 90. HILI A., BISSOUR R., JAA F., REDDAD H., AND ELJOUHRY Y. 2022.** Study of the spatiotemporal dynamics of the Ait Daoud ou Ali (Central High Atlas, Morocco) Forest using geospatial techniques. *Revista d'Estudios Andaluces* 43: 208-225.

## Références Bibliographiques

---

91. **HOUAMEL A., 2012.** Contribution à l'étude du dépérissement de la cédraie dans la région de Batna (cas du Parc National de Belezma). Mémoire magister. Université abou bakr belkaid Tlemcen Pp : 1-25.
92. **HSEINI S., KAHOUADJI A., 2007.** Étude ethnobotanique de la flore médicinale dans la région de Rabat (Maroc occidental). *LAZAROA* 28: 79-93.
93. **HUETE, A.R.; JUSTICE, C., 1999.** MODIS vegetation index (MOD13) algorithm theoretical basis document. *Ver. 3*
94. **HUETZ DE LEMPS A., 1970.** La végétation de la terre. *Masson*, Paris.
95. **IFTICENE-HABANI N., F. SAHLI ., L. HELIS ., K. SAÏ ., M.N. ADIRI ., 2021.** Analyse de vulnérabilité des cédraies de Belezma (Aurès) face aux changements climatiques à travers deux facteurs : précipitations et températures. *Ann. Rech. For. Algérie* 2021, 11(01):53-62.
96. **IHADDADEN A., 1988.** Contribution à l'étude pédologique des groupements à chêne vert du Djurdjura. D.E.S. Univ. H. BOUMEDIENE, 64p.
97. **IONESCO T., SAUVAGE CH., 1966.** Fichier des espèces climax. Al Awamia, Rabat, 20 : 103-124.
98. **KADI-HANIFI H., 2003.** Diversité biologique et phytogéographique des formations à *Stipa tenacissima* L. de l'Algérie. *Revue sécheresse*, 14, 169-179.
99. **KADIK B., 1984 .**Contribution à l'étude phyto-écologique de la formation à *Pinus halepensis* Mill. Dans les Senalba chergui et gharbi (Atlas saharien) – Thèse de docteur de troisième cycle en biologie végétale- Univ des sciences et de la technologie Houari Boumedien, Alger. Pp : 47-147.
100. **KADIK B., 1987.** Contribution à l'étude du Pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.) En Algérie : écologie, dendrométrie, morphologie. Édit. O. P. U., Alger. 580 P.
101. **KHATER N., 2009.** Contribution à l'étude de la production d'un taillis de Chêne vert dans une séquence dégradée cas du taillis de Marcona Batna. Mém. Magister, Université El Hadj Lakhdar-Batna,45p.
102. **KHENFOUCI M.S., 2005.**Contribution à l'étude de la fructification et de la régénération du Cèdre del'Atlas (*Cedrus atlantica Manetti*) dans le massif de Belezma. Thèse de Magister. Univ Batna.
103. **KHENTOUCHE S., 2011 .**Contribution à l'étude de la biodiversité végétale de Djebel Tuggurt du parc national de Belezma (versant Nord et versant Sud).Mém. Master; Université El Hadj Lakhdar-Batna,77p.
104. **KHERCHOUCHE D., KALLA M., BRIKI A., et HAMCHI A., 2013.** La sécheresse et le dépérissement du cèdre del'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti.) dans le massif du Belezma (Algérie). *Science et changement planétaire, sécheresse*, 24 (2) :129-137.
105. **LACOSTE A. et SALANON R., 2001.** Eléments de biogéographie et d'écologie. 2e édition, Ed. Nathan / HER, Paris, 318 p.

## ***Références Bibliographiques***

---

- 106. LACOSTE A .et SALANON R., 2005.** Éléments de biogéographie et d'écologie. Éd. Armand Colin, Paris. 318 p.
- 107. LAPIE G., 1909.** Étude phytogéographique de la Kabylie du Djurdjura. (Thèse de doctorat Sciences). Université de Paris, Delagrave éd., 156 p.
- 108. LEGENDRE L., LEGENDRE P., 1979.** Ecologie numérique. Le traitement multiple des données écologiques. Les presses de l'université du Québec. Tome (1) : 197.
- 109. LE HOUEROU H.N., 1992.** An overview of vegetation and land degradation in world arid lands. International Center for Arid and Semi-Arid Land Studies, Texas Technical University, Lubback, 127-163 Pp.
- 110. LE HOUEROU H.N., 1995.** Bioclimatologie et Biogéographie des steppes arides du Nord de l'Afrique, diversité biologique, développement durable et désertisation, Options méditerranéennes, série B recherches et études 1-396.
- 111. LE HOUEROU, H.N., 2001.** Biogeography of the arid steppeland north of the Sahara. J. Arid Environ. 48, 103-128.
- 112. L'HOTE Y., 1993 .**Mesure et étude des précipitations en hydrologie .Ingénieur de recherche université de Montpellier II USTL ORSTOM, Laboratoire d'Hydrologie DEUST - génie hydro sanitaire et aquacole.
- 113. LETREUCH-BELAROUCI N., 1992.** Notes de cours de sylviculture générale. Ed. OPU, Alger, 137p.
- 114. LETREUCH-BELAROUCI N.,1995.** Réflexion autour du développement forestier : les zones à potentiel de production. Les objectifs. OPU, Alger, 52p
- 115. LIU, H.Q. AND HUETE, A.A., 1995.** Feedback Based Modification of the NDVI to Minimize Canopy Background and Atmospheric Noise. IEEE Transaction on Geoscience and Remote Sensing, 33, 457-465.
- 116. LOISEL R., GOMILA H., 1993.** Traduction des effets du broussaillement sur les écosystèmes forestiers et pré-forestiers par un indice de perturbation. Ann. Soc. Sci. Nat. Archéol. De Toulon du var. Pp :123-132.
- 117. LOMBARDINI, F., 2006.** La typologie des suberaies varoises : un outil pour une rénovation forestière raisonnée (The typology of the Varoises cork oak stands: a tool for sustainable forest management). Office National des Forêts (ONF), Centre Régional de la Propriété Forestière de Provence-Alpes-Côte-d'Azur, 16 p.
- 118. LOZET J ET MATHIEU C., 1990.** Dictionnaire de science du sol. 2ème édition. Lavoisier-Paris.(33) 266.
- 119. MAIRE R., 1926.** Carte phytogéographique de l'Algérie et de la Tunisie. Gouvernement General d'Algérie. Services des cartes, Alger, 78 p.
- 120. MAIRE R., 1928.** Contribution à l'étude de la flore de l'Afrique du Nord, fasc. 12, n° 421. *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord.*, 19 : 9-66.

- 121. MAIRE R.,(1952-1980).** Flore d'Afrique du Nord. Vol. I à XVI, Le chevalier éd., Paris.
- 122. MALLEM O., 1998.** Influence de la salure sur le développement de la vigne en milieu aride en corrélation avec la composition minérale du sol des feuilles. Mémoire Ing Inst d'Agro.26p.
- 123. MANKOURI K., 1991.** Contribution à l'étude de la production des taillis de chêne vert (*Quercus rotundifolia*) et propositions d'améliorations dans la forêt de Mizab (W. Tlemcen). Thèse. Ing. Forest. Univ.Tlemcen. 71 p + ann.
- 124. MARCON E., 2013.** Mesure de la biodiversité. 79 p.
- 125. MARIOTTO I., ET GUTSCHICK V., 2010.** Non-lambertion coorrected albed and vegetation index for estimating land evapotranspiration in a heterogenous semi-arid landscape. REMOTE SENSING, vol 2: 926-938.
- 126. MATHIEU C ET PIELTAIN F ., 2003.** Analyse chimique des sols. Ed. Tec et doc. Lavoisier, Paris, 292 p.
- 127. MAURI P.V., MANZANERA J A., 2005 .** Protocol of somatic embryogenesis: holm oak (*Quercus ilex*).In: Protocol for Somatic Embryogenesis in Woody Plants. Eds., Jain S.M., Gupta P.K., Springer. Printed in the Netherland, pp. 469-482.
- 128. MEDAIL F., MYERS N., 2004.** Mediterranean Basin, In Mittermeier, R.A., Robles Gil, P., Hoffmann, M., Pilgrim, J., Brooks, T., Mittermeier, C.G., Lamoreaux, J. & da Fonseca, G.A.B. (coords.), Hotspots revisited: Earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions, CEMEX (Monterrey), Conservation International (Washington) & Agrupación Sierra Madre (Mexico),. 144.
- 129. MEDDOUR R., 2010.** Bioclimatologie, phytogéographie et phytosociologie en Algérie : exemple des groupements forestiers et pré forestiers de la Kabylie Djurdjurenne. Thèse Doct., Univ. Mouloud Mammeri, Tizi Ouazou, 397 p.
- 130. MENTOUZ M., MEGHCHOUCHE S., 2012.** Contribution l'étude de la composition floristique de la cédraie de Djebel Bordjem du parc national de Belezma (versant nord et versant sud). Mém.Maste ; Université El Hadj Lakhdar-Batna, 82p.
- 131. METHOT, S, BLAIS, L, GRAVEL, J, LATREMOUILLE, I, ST-PIERRE, S, VEZEAU, S., 2014.** Guide d'inventaire et d'échantillonnage en milieu forestier, Québec, gouvernement du Québec, Direction de l'aménagement et de l'environnement forestier. 237 p.
- 132. MEZIANE H., 1997.** Contribution à l'étude des espèces anthropozoogènes de la région de Tlemcen- Université de Tlemcen.
- 133. MEZIANE H., 2004.** Contribution à l'étude des psammophiles de la région de Tlemcen. Thèse. Magistère. Ecologie végétale. Univ. Abou Bakr Belkaid .Tlemcen. 146 p.
- 134. M'HIRIT O., 1982.** Etude écologique et forestière des céderais du rif marocain. Essai sur une approche multidimensionnelle de la phyto-écologie et de la productivité du Cèdre de l'Atlas. Ann.Rech. Forest. Du Maroc. Tome 2, pp. 22-502.



## ***Références Bibliographiques***

---

- 135. M'HIRIT, O., 1999** .La Forêt Méditerranéenne : Espace Ecologique, Richesse Economique et Bien Social. *Unasylva*, vol.50, 15p.
- 136. MYERS N R.A MITTERMEIER C.G., MITTERMEIER G.A.B., FONSECA J ., 2000.** Biodiversity hotspots for conservation priorities nature 403.Les thérophytes, mém, bot France,92–108.
- 137. NEGRE R., 1966.** Les thérophytes. Mem.Soc.Bot.Fr. :92 108.
- 138. OLIVIER L., MURACCIOLE N. et RUDERON JP., 1995** .Premier bilan sur la flore des îles de la Méditerranée. Etat des connaissances et observation diagnostics et proposition relatifs aux flores insulaires de méditerranée par les participants au colloque d'Ajaccio. Corse. France (5- 8 octobre 1993) à l'occasion des débats et conclusions. pp 356-358.
- 139. OZENDA.,P. 1954.** Observation sur la végétation d'une région semi- aride : les Hauts- plateaux du Sud Algérois. Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. du N. 45 : 103- 137, 6 pl.
- 140. OZENDA P., 1963.** Organisation et reproduction des Angiospermes in: ABBAYES *et al*: 645– 722.
- 141. PALM R., 1977.** Dendrométrie cours polycopies Ina, Alger .p. 112
- 142. PALM R., 1981.** Calcul et choix des équations de cubages des arbres .Bulletin de recherche agronomique de *Gembloux (Belgique)*.16P.
- 143. PANSU M AND GAUTHEYROU J., 2006.** Handbook of soil analysis : mineralogical, organic and inorganic methods.*Springer-Verlag* Berlin, Heidelberg. DOI: 10.1007/978-3-540-31211- 6.
- 144. PARDE, J., BOUCHON, J., 1988.** Dendrométrie. ENGREF. ISBN/ Réf. 9782857100256 .2ème édition., 328 p.
- 145. PAUSAS, J., AUSTIN, M.P., 2001.** Patterns of plant species richness in relation to different environments: an appraisal. *J. Veg. Sci.* 12, 153–166.
- 146. PNB, (2020).** Plan de gestion du parc national de Belezma 2020-2024. Documents internes, 90 p.
- 147. POUGET M ., 1980.**Les relations sol-végétation dans les steppes Sud-Algéroises. Travaux et documents de l'O.R.S.T.O.M Paris. n° 116, 555p.
- 148. POUQUET J., 1952.** Les monts du Tessala (Chaînes sud-telliennes d'Oranie), *Revue de géographie alpine*. 40: 691 – 694.
- 149. PURVIS, A., HECTOR A., 2000.** Getting the measure of biodiversity. *Nature* 405, 212–219.
- 150. QUEZEL P., 1964.** L'endémisme dans la flore de l'Algérie. CR. Soc. Biogéographie 361 : 137-149.
- 151. QUEZEL P., 1976.** Les chênes sclérophylles en région méditerranéenne.CIHEAM - Options Méditerranéennes,35: 25-29.

## ***Références Bibliographiques***

---

- 152. QUEZEL P., 1978.** Analysis of the flora of Mediterranean and Saharan Africa. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 65: 479-534.
- 153. QUEZEL P., 1979.** La région méditerranéenne française et ses ensemences forestières. Signification écologique dans le contexte circum-méditerranéen. *Revue Forêt Méditerranéenne*, 1: 7-18
- 154. QUEZEL P., 1985.** Définition of the Mediterranean region and origin of its flora. In : C. Gomez-Campo (Ed.), *Plant conservation in the Mediterranean area*. Junk. Dordrecht (The Netherlands), 9-24.
- 155. QUEZEL P., 1991.** Structures de végétation et flore en Afrique du Nord: leurs incidences sur les problèmes de conservation. In M. Rejdali et V.H. Heywood (éds), *Conservation des ressources végétales*, Actes Editions, Institut agronomique et vétérinaire Hassan II, Rabat, 19- 32.
- 156. QUEZEL P., 2000.** Réflexions sur l'évolution de la flore et de la végétation au Maghreb méditerranéen. Ibis Press, Paris, 117.
- 157. QUEZEL P., 2002.** Réflexions sur l'évolution de la flore et de la végétation au Maghreb méditerranéen. Ibis Press, Paris, 117.
- 158. QUEZEL P., SANTA S., 1962.** Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. CNRS éd, Paris, Vol.1, 1–565.
- 159. QUEZEL P., SANTA S., 1963.** Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. CNRS éd, Paris, Vol.2, 566–1170.
- 160. QUEZEL P., BARBERO M., 1990.** Les forêts méditerranéennes : problèmes posés par leur signification historique, écologique et leur conservation. *Acta Botanica Malacitana* 15 : 145-178.
- 161. QUEZEL P., MEDAIL F., 2003.** Ecologie et biogéographie des forêts du bassin méditerranéen. Elsevier, Paris, 592 pp.
- 162. QUEZEL P, MEDAIL F, LOISEL R ET BARBERO M., 1999.** Biodiversité et conservation des essences forestières du bassin méditerranéen. *Unasylya*, 197: 21-28.
- 163. RABHI K ., 2011.** Ajustement de modèles hauteur – circonférence – âge pour le chêne zéen (*Quercus canariensis* Willd.) dans la forêt d'Akfadou (Tizi ousou); effet de la densité et de la station. Mém. Magister, Université abou bakr belkaid Tlemcen, 66P.
- 164. RAHMOUNE A ., 2018.** Ecologie et analyse floristique de la végétation et de la flore de la forêt de Sahary Guebli (réserve de chasse) Wilaya de Djelfa. Thèse magister. Dep. Agro. Batna, 176 p.
- 165. RAUNKIAER C., 1905.** Types biologiques pour la géographie botanique. KLG. Danske Videnskabenes Selskabs. Farrhandl. 5: 347-437.
- 166. RAUNKIAER C., 1934.** The life forms of plants and statistical Plants Geography. Éd. Clarendon, Press, Oxford. 623 p.

## ***Références Bibliographiques***

---

- 167. ROBIN, M., 2002.** Télédétection des satellites aux SIG. 2ème édition de Marc Robin, 124p.
- 168. ROMANE F., 1987.** Efficacité de la distribution des formes de croissance des végétaux pour l'analyse de la végétation à l'échelle régionale. Cas des taillis de chêne vert du languedoc. Thèse Doct. Fac. Et Tech. St. Jérôme, Marseille. 153p.
- 169. RONDEUX J., 1993.** La mesure des arbres et des peuplements forestiers. Ed. Presses Agronomiques de Gembloux, Belgique, 521p.
- 170. ROUSE J.W., HAAS R.H., SCHELL, J.A. 1973. DEERING, D.W.** Monitoring vegetation system in the great plains with ERTS. Third ERTS symposium, proceedings... Nasa SP-351 I:309-317.
- 171. RUELLAN A., 1970.** Contribution à la connaissance des sols des régions méditerranéennes: Les sols à profil calcaire différencié des plaines de la basse Moulouya. Thèse Doct. D'état. Univ. Strasbourg. 320 p.
- 172. SAHLI M., 2004.** Protection de la nature et développement : cas du Parc national du Belezma (Monts de Batna, Algérie), Jel classification : Q 260. New Medt, 4 : 38-43.
- 173. SCARASCIA-MUGNOZZA G., OSWALD H., PIUSSI P., RADOGLU K., 2000** .Forests of the Mediterranean region: gaps in knowledge and research needs. For. Ecol. Manag., 132: 97-109.
- 174. SCHORENBERGER A., 1970.** Etude de la végétation de l'Aurès oriental. FAO. Projet Algérie. Pp : 15-69.
- 175. SELLERS P., 1985.** Canopy reflectance, photosynthesis and transpiration. International journal of remote sensing, vol 6: 1335-1372.
- 176. SELTZER P., 1946.** Climats de l'Algérie. Trav. Inst-Mét. Phys. Glo. Algérie. Carboneel.
- 177. SINGH A., 1989.** Digital change detection techniques using remotely sensed data. international journal of remote sensing, vol 10: 989-1003.
- 178. SMAIHI H., KALLA M., 2017.** Évolution spatiotemporelle des formations végétales du Parc national de Belezma de La région Est de l'Algerie. *Journal Courrier du Savoir* 175-184.
- 179. SOLTNER R., 1984** .Les bases de la production végétale. Tome 2, le climat. Masson 2ème Edition.
- 180. STEWART P., 1969** .Quotient pluviothermique et dégradation biophysique. Quelques réflexions .*Bull.int.Nati.Agro.El Hrrach.* 24-25.
- 181. STEWART PH., ROUSTIDE R., 1974.** Cours de sylviculture. Institut National Agronomique, El Harrach, Alger, 101p.
- 182. TERRADAS J SAVER., 1992.** The influence of summer and winter stress and water relationship on the distribution on *Quercus ilex* L. vegetation 99-100 : 137-145.

- 183. TORRAS, O., GIL-TENA, A., SAURA, S., 2008.** How does forest landscape structure explain tree species richness in a Mediterranean context, *Biodivers. Conserv.* 17, 1227–1240.
- 184. TRABAUD L., METHY M., 1994.** Tolérance au stress thermiques des feuilles et aire de répartition de *Quercus ilex*. *Ecologia Mediterranea* XX, ½ : 77-85.
- 185. TUCKER C. J. (1979).** Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. *Remote Sensing of Environment*, 8(2): 127–150.
- 186. USDA, 1992.** Keys to soil taxonomy. SMSS Technical Monograph n°19. 5th édition. 541p.
- 187. VELA E., BENHOUBOU S., 2007.** Évaluation d'un nouveau point chaud de biodiversité végétale dans le Bassin méditerranéen (Afrique du Nord) science directe C. R. *Biologies* 330 (2007) 589–605.
- 188. YAHY N., DJELLOULI Y., DE FOUCAULT B., 2008.** Diversités floristique et biogéographique des cédraies d'Algérie. *Acta Bot. Gallica*, 155,3 : 403–414.
- 189. ZAOUI M., 2020.** Diversité structurale de la Yeuseraie, cartographie et évaluation de la production : cas des monts de Tlemcen. Thèse de doctorat en sciences forestières .Université abou bakr belkaid Tlemcen, 203.
- 190. ZITOUNI W., 2009 .**Croissance et productivité d'un taillis de chêne vert à la lisière de la pinède Ain Mimoun -Massif d'Ouled yagoub.Mém. Magister, Univ. El Hadj Lakhdar, Batna, 48 p.

---

---

***ANNEXES***

---

---

## Annexes

### Annexe 1 : Liste des espèces inventoriées suivant les types biologiques et chorologiques de la région d'étude

| Famille                 | Espèce                             | Type biologique  | Chorologie       |
|-------------------------|------------------------------------|------------------|------------------|
| <i>Anacardiaceae</i>    | <i>Pistacia lentiscus</i>          | Phanérophtes     | Méd              |
| <i>Apiaceae</i>         | <i>Daucus carota L</i>             | Hémicriptophytes | Méd              |
|                         | <i>Thapsia garganica</i>           | Hémicriptophytes | Méd              |
|                         | <i>Eryngium triquetrum</i>         | Hémicriptophytes | Méd-eurasiatique |
|                         | <i>Eryngium campestre</i>          | Géophytes        | Eur. Méd         |
|                         | <i>Eryngium dichotomum</i>         | Hémicriptophytes | W. Méd           |
|                         | <i>Ferula communis</i>             | Hémicriptophytes | Méd              |
| <i>Asteraceae</i>       | <i>Calendula arvensis</i>          | Thérophytes      | Euro-Méd         |
|                         | <i>Urospermum dalechampii (L.)</i> | Hémicriptophytes | Circum-Méd       |
|                         | <i>launaea nudicaulis</i>          | Thérophytes      | End-Alg-Tun      |
|                         | <i>Helichrysum stoechas</i>        | Chaméphytes      | End-Alg-Mar      |
|                         | <i>Reichardia picroides (L.)</i>   | Hémicriptophytes | Méd              |
|                         | <i>Onopordum macracanthum</i>      | Hémicriptophytes | Méd              |
|                         | <i>Anthemis tuberculata</i>        | Thérophytes      | Cosm             |
|                         | <i>Chamaemelum nobile (L.)</i>     | Hémicriptophytes | Méd-W            |
|                         | <i>Anthemis arvensis</i>           | Thérophytes      | Méd-E            |
|                         | <i>Santolina rosmarinifolia</i>    | Chaméphytes      | Méd-W            |
|                         | <i>Centaurea pullata</i>           | Hémicriptophytes | Méd              |
|                         | <i>Centaurea tougourensis</i>      | Hémicriptophyte  | End              |
|                         | <i>Artemisia campestris</i>        | Chaméphytes      | Circum-bor       |
|                         | <i>Artemisia herba alba</i>        | Chaméphytes      | Méd              |
|                         | <i>Carduus eu-pycnocephalus</i>    | Hémicriptophytes | Méd              |
|                         | <i>Atractylis humilis</i>          | Géophytes        | Méd-Occidental   |
| <i>Pallenis spinosa</i> | Thérophytes                        | Euro-Méd         |                  |

## Annexes

|                     |                                   |                  |                               |
|---------------------|-----------------------------------|------------------|-------------------------------|
|                     | <i>Santolina chamaecyparissus</i> | Chaméphytes      | Méd                           |
|                     | <i>Carlina lanata L.</i>          | Thérophytes      | Méd                           |
|                     | <i>Filago argentea</i>            | Thérophytes      | Circum-Méd                    |
|                     | <i>Hypochaeris glabra</i>         | Thérophytes      | End-Mar-Alg                   |
|                     | <i>Centaurea nigra</i>            | Hémicryptophytes | Méd                           |
|                     | <i>Picris echioides</i>           | Hémicryptophytes | Orophyte<br>méridional        |
|                     | <i>Picris hieracioides</i>        | Hémicryptophytes | Eurasiatique                  |
|                     | <i>Carduncellus pinnatus</i>      | Hémicryptophytes | Méditerranéen<br>occidental   |
|                     | <i>Scolymus hispanicus</i>        | Hémicryptophytes | Euro-Méd                      |
|                     | <i>Taraxum officinale</i>         | Hémicryptophytes | Méd-W                         |
|                     | <i>Hypochaeris laevigata</i>      | Thérophytes      | Euro-Méd                      |
|                     | <i>Bellis sylvestris</i>          | Hémicryptophytes | Circum-Méd                    |
|                     | <i>Jurinea humilis</i>            | Hémicryptophytes | Européen<br>méridional        |
|                     | <i>Carthamus caeruleus</i>        | Thérophytes      | Euro-Méd                      |
|                     | <i>Carthamus lanatus</i>          | Thérophytes      | Méd                           |
|                     | <i>Picnomon acrana</i>            | Thérophytes      | Méd                           |
|                     | <i>Atractylis caespitosa</i>      | Hémicryptophytes | Méd                           |
|                     | <i>Sonchus oleraceus</i>          | Thérophytes      | Cosmopolite                   |
|                     | <i>Crepis vesicaria</i>           | Thérophytes      | Euro-Méd                      |
|                     | <i>Crepis bursifolia</i>          | Thérophytes      | Euro-Méd                      |
|                     | <i>Lapsana communis</i>           | Thérophytes      | Eurasiatique<br>septentrional |
|                     | <i>Silybum marianum</i>           | Hémicryptophytes | Méd                           |
|                     | <i>Taraxacum campylodes</i>       | Hémicryptophytes | Euro-Sib                      |
| <b>Asparagaceae</b> | <i>Muscari comosum</i>            | Géophytes        | Méditerranéen                 |
|                     | <i>Ornithogalum umbellatum</i>    | Géophytes        | Circum-Bor                    |

## Annexes

|                        |                               |                   |                             |
|------------------------|-------------------------------|-------------------|-----------------------------|
|                        | <i>Asparagus acutifolius</i>  | Nanophanérophytes | Méd                         |
| <b>Asphodelaceae</b>   | <i>Asphodeline lutea</i>      | Hémicriptophytes  | E. Méd                      |
| <b>Brassicaceae</b>    | <i>Erysimum grandiflorum</i>  | Hémicriptophytes  | Oro-Méd                     |
|                        | <i>Sinapis arvensis</i> L     | Thérophytes       | Paléo-Temp                  |
|                        | <i>Moricandia arvensis</i>    | Hémicriptophytes  | Méd                         |
|                        | <i>Eruca vesicaria</i>        | Thérophytes       | Méd                         |
|                        | <i>Lobularia maritima</i>     | Hémicriptophytes  | Oro-Méd                     |
|                        | <i>Diplotaxis virgata</i>     | Thérophytes       | Méd                         |
|                        | <i>Sinapis alba</i>           | Thérophytes       | Cosmopolite                 |
| <b>Boraginaceae</b>    | <i>Borago officinalis</i>     | Thérophytes       | Européen<br>méridional      |
| <b>Caprifoliaceae</b>  | <i>Scabiosa sp</i>            | Hémicriptophytes  | Méd-W                       |
|                        | <i>Lonicera etrusca</i>       | Nanophanérophytes | Méditerranéen               |
| <b>Caryophyllaceae</b> | <i>Paronychia argentea</i>    | Hémicriptophytes  | Méd                         |
| <b>Cistaceae</b>       | <i>Helianthemum cinereum</i>  | Chaméphytes       | Ibéro-Maur                  |
|                        | <i>Cistus salviifolius</i>    | Chaméphytes       | W. Méd<br>méditerranéen     |
|                        | <i>Cistus albidus</i>         | Chaméphytes       | Méditerranéen<br>occidental |
|                        | <i>Fumana thymifolia</i>      | Chaméphytes       | Méd                         |
|                        | <i>Fumana ericoides</i>       | Chaméphytes       | Euras-Alg-Mar               |
| <b>Crassulaceae</b>    | <i>Sedum sediforme</i>        | Chaméphytes       | Méd                         |
|                        | <i>Umbilicus rupestris</i>    | Hémicriptophytes  | Méd                         |
| <b>Cupressacées</b>    | <i>Juniperus oxycedrus</i>    | Phanérophytes     | Atl. Circum. Méd.           |
|                        | <i>Juniperus phoenicea</i>    | Phanérophytes     | Méditerranéen               |
| <b>Convolvulaceae</b>  | <i>Convolvulus arvensis</i> L | Hémicriptophytes  | Méd                         |
| <b>Dioscoreaceae</b>   | <i>Tamus communis</i>         | Géophyte          | Eur. occ., Méd              |
| <b>Ephedraceae</b>     | <i>Ephedra major</i>          | Phanérophytes     | Méd                         |
| <b>Fabaceae</b>        | <i>Astragalus armatus</i>     | Chaméphytes       | End N A                     |



## Annexes

|                       |                                 |                   |                         |
|-----------------------|---------------------------------|-------------------|-------------------------|
|                       | <i>Astragalus echinatus</i>     | Thérophytes       | Méd                     |
|                       | <i>Anthyllis pallenis</i>       | Hémicryptophytes  | Méditerranéen(eury)     |
|                       | <i>Anthyllis vulneraria</i>     | Hémicryptophytes  | Européen                |
|                       | <i>Lathyrus articulatus</i>     | Thérophytes       | Méd                     |
|                       | <i>Lathyrus setifolius</i>      | Thérophyte        | Méditerranéen           |
|                       | <i>Coronilla valentina</i>      | Chaméphytes       | Méd                     |
|                       | <i>Ebenus pinnata</i>           | Thérophytes       | End N A                 |
|                       | <i>Lotus corniculatus</i>       | Hémicryptophytes  | Eur Merid               |
|                       | <i>Lotus sp</i>                 | Hémicryptophytes  | Eurasiatique méridional |
|                       | <i>Retama sphaerocarpa (L.)</i> | Chaméphytes       | Ibero Maur              |
|                       | <i>Psoralea bituminosa</i>      | Hémicryptophytes  | Méditerranéen           |
|                       | <i>Calycotome spinosa</i>       | Chaméphytes       | W. Méd.                 |
|                       | <i>Erinacea anthyllis</i>       | Chaméphytes       | Oro-W-Méd               |
|                       | <i>Medicago lupulina</i>        | Hémicryptophytes  | Eurasiatique méridional |
|                       | <i>Médicago arborea</i>         | Nanophanérophytes | Méd                     |
|                       | <i>Melilotus officinalis</i>    | Thérophyte        | Méditerranéen           |
|                       | <i>Genista microcephala</i>     | Phanérophytes     | End.N.A.                |
|                       | <i>Coronilla sp</i>             | Thérophytes       | Euro-Méd                |
|                       | <i>Trifolium sp</i>             | Thérophytes       | Méd                     |
| <b>Fumariaceae</b>    | <i>Fumaria sp</i>               | Thérophytes       | Méd                     |
| <b>Fagaceae</b>       | <i>Quercus ilex</i>             | Phanérophytes     | Méd                     |
| <b>Geraniaceae</b>    | <i>Geranium rotundifolium</i>   | Thérophytes       | Européen méridional     |
|                       | <i>Erodium cicutarium</i>       | Thérophytes       | Méd                     |
|                       | <i>Erodium sp</i>               | Thérophytes       | Méd                     |
| <b>Globulariaceae</b> | <i>Globularia alypum</i>        | Chaméphytes       | Méd                     |
|                       | <i>Marrubium sp</i>             | Hémicryptophytes  | Euro-Méd                |

## Annexes

|                                     |                                   |                   |                          |
|-------------------------------------|-----------------------------------|-------------------|--------------------------|
|                                     | <i>Teucrium pseudochamaepitys</i> | Chaméphytes       | Méd-W                    |
| <b>Juncaceae</b>                    | <i>Juncus conglomeratus</i>       | Géophytes         | Européen                 |
| <b>Lamiaceae</b>                    | <i>Ajuga iva (L.)</i>             | Hémicriptophytes  | Méd                      |
|                                     | <i>Thymus ciliatus</i>            | Chaméphytes       | End N A                  |
|                                     | <i>Rosmarinus officinalis L</i>   | Chaméphytes       | Méd                      |
|                                     | <i>Stachys ocymastrum</i>         | Thérophyte        | Méditerranéen occidental |
|                                     | <i>Prasium majus</i>              | Chaméphytes       | Méd                      |
|                                     | <i>Salvia officinalis</i>         | Hémicriptophytes  | Méd                      |
|                                     | <i>Salvia verbenaca</i>           | Hémicriptophytes  | Méd                      |
|                                     | <i>Teucrium polium</i>            | Chaméphytes       | Méd                      |
|                                     | <i>Thymus algeriensis</i>         | Chaméphytes       | End N A                  |
|                                     | <i>Marrubium vulgare</i>          | Hémicriptophytes  | Méd                      |
| <b>Liliaceae</b>                    | <i>Tulipa sylvestris L</i>        | Géophytes         | Méd Atl                  |
|                                     | <i>Smilax aspera L</i>            | Nanophanérophytes | Méd                      |
|                                     | <i>Muscari comosum (L.) Mill.</i> | Géophytes         | Méd                      |
|                                     | <i>Asparagus acutifolius</i>      | Géophytes         | Méd                      |
|                                     | <i>Ornithogalum algeriensis</i>   | Géophytes         | Méd                      |
|                                     | <i>Asphodelus microcarpus</i>     | Géophytes         | Méd occid                |
|                                     | <i>Asphodelus ramosus</i>         | Géophytes         | Méd-Canar                |
|                                     | <i>Asphodelus aestivus brot</i>   | Géophytes         | Méd-Canar                |
| <b>Malvaceae</b>                    | <i>Malva sylvestris L</i>         | Hémicriptophytes  | Euro sib-Méd             |
|                                     | <i>Malva arborea</i>              | Chaméphytes       | méditerranéen-atlantique |
| <b>Moraceae</b>                     | <i>Ficus carica L</i>             | Phanérophytes     | Méd                      |
| <b>Nitrariaceae(Zigophyllaceae)</b> | <i>Pegamum harmala</i>            | Chaméphytes       | Méd                      |
| <b>Orobanchaceae</b>                | <i>Orobanche sanguinea</i>        | Géophytes         | Méd                      |
|                                     | <i>Orobanche hederæ</i>           | Thérophyte        | Méditerranéen            |

## Annexes

|                       |                                  |                    |                            |
|-----------------------|----------------------------------|--------------------|----------------------------|
| <b>Oleaceae</b>       | <i>Jasminum fruticans L.</i>     | Nanophanérophyte   | Méditerranéen              |
|                       | <i>Olea europaea</i>             | Mésophanérophytes  | Méd                        |
|                       | <i>Phillyrea media</i>           | Microphanérophytes | Méd                        |
|                       | <i>Fraxinus xanthoxyloides</i>   | Phanérophyte       | Oro.S.Méd.As               |
|                       | <i>Fraxinus dimorpha</i>         | Phanérophytes      | Himalaya - Afrique du nord |
| <b>Papilionaceae</b>  | <i>Coronilla valentina L</i>     | Chaméphytes        | Méd                        |
| <b>Pinaceae</b>       | <i>Pinus halepensis Mill</i>     | Phanérophytes      | méditerranéen              |
|                       | <i>Cedrus atlantica</i>          | Phanérophytes      | Oro-Méd                    |
| <b>Plantaginaceae</b> | <i>Plantago lanceolata</i>       | Hémicriptophytes   | Méd                        |
|                       | <i>Plantago albicans.L</i>       | Hémicriptophytes   | Méd                        |
|                       | <i>Linaria heterophylla</i>      | Thérophyte         | Méditerranéen              |
| <b>Primulaceae</b>    | <i>Anagallis foemina</i>         | Thérophytes        | Méd                        |
| <b>Polygonaceae</b>   | <i>Rumex Conglomeratus</i>       | Hémicriptophytes   | Cosmo                      |
| <b>Poaceae</b>        | <i>Ampelodesmos mauritanicus</i> | Hémicryptophyte    | W.Méd                      |
|                       | <i>Hordeum murinum L.</i>        | Thérophytes        | Méd                        |
|                       | <i>Bromus rubens</i>             | Thérophytes        | Méd                        |
|                       | <i>Bromus hordeaceus</i>         | Thérophyte         | Eurasiatique               |
|                       | <i>Cynosurus elegans</i>         | Hémicryptophyte    | Européen                   |
|                       | <i>Festuca rubra</i>             | Géophytes          | Circumboréal               |
|                       | <i>Stipa tenacissima</i>         | Hémicryptophytes   | Ibéro.-Maur.               |
|                       | <i>Stipa retorta</i>             | Thérophytes        | Méd                        |
|                       | <i>Poa bulbosa</i>               | Chaméphytes        | Euras                      |
|                       | <i>Scleropoa rigida</i>          | Thérophytes        | Européen                   |
| <b>Ranunculaceae</b>  | <i>Adonis aestivalis L</i>       | Thérophytes        | Euras                      |
| <b>Resedaceae</b>     | <i>Reseda alba</i>               | Hémicriptophytes   | Euras                      |
| <b>Rhamnaceae</b>     | <i>Ziziphus lotus</i>            | Chaméphytes        | Méd                        |

## Annexes

|                        |                                |                    |                          |
|------------------------|--------------------------------|--------------------|--------------------------|
|                        | <i>Rhamnus alaternus</i>       | Microphanérophytes | Méd-Euro                 |
| <b>Rosaceae</b>        | <i>Rosa canina</i>             | Nanophanérophytes  | Euras -Temp              |
|                        | <i>Rosa sempervirens L</i>     | Nanophanérophytes  | Méditerranéen-atlantique |
|                        | <i>Rubus ulmifolius</i>        | Nanophanérophytes  | Méd-atlantique           |
|                        | <i>Crataegus monogyna</i>      | Microphanérophytes | Eurasiatique méridional  |
| <b>Rubiaceae</b>       | <i>Galium tricornutum</i>      | Thérophytes        | Méd                      |
| <b>Salicaceae</b>      | <i>Salix pedicellata</i>       | Microphanérophytes | Méditerranéen            |
| <b>Scrofulariaceae</b> | <i>Scrophularia sp</i>         | Hémicriptophytes   | Méd                      |
|                        | <i>Verbascum rotundifolium</i> | Hémicriptophytes   | Eurasiatique             |

**Publication scientifique**

**Iman Daoudi, Kamilia Farhi et Abdelkrim Si Bachir**, Floristic and phytoecological diversity of Holm Oak *Quercus ilex* forests in the Belezma Massif Biosphere Reserve, North-East Algeria, Environmental & Socio-economic Studies, (2023). DOI : 10.2478.



Original article

## Floristic and phytoecological diversity of Holm Oak *Quercus ilex* forests in the Belezma Massif Biosphere Reserve, North-East Algeria

Iman Daoudi<sup>1\*</sup>, Kamilia Farhi<sup>1</sup>, Abdelkarim Si bachir<sup>2</sup>

<sup>1</sup>University of Mohamed Khider Biskra Department of Agronomy, Faculty of Nature and Life Sciences, Laboratory Promotion of Innovation in Agriculture in Arid Regions, BP 145 RP, 07000, Algeria

<sup>2</sup>University Banta 2, Faculty of Nature and Life Sciences, Department of Ecology and Environment, Fesdis, 05110 Batna, Algeria

E-mail address (\*corresponding author): daoudi84imen@gmail.com

ORCID iD: Iman Daoudi: <https://orcid.org/0000-0003-2728-6136>; Kamilia Farhi: <https://orcid.org/0000-0002-3463-3776>;

Abdelkarim Si bachir: <https://orcid.org/0000-0001-8501-1830>

### ABSTRACT

The holm oak is a species that forms interesting stands in the Belezma National Park (PNB). Studying it has allowed us to understand its ecological and phytoecological characteristics. Despite the importance of this species, individual trees remain exposed to multiple threats. Surveys were carried out at the level of the massifs of Kassrou and Om rkhaa which enabled us to carry out the floristic groups of the Holm oak. The study area is characterized by high floristic diversity, with 120 plant species belonging to 106 genera and 34 families, 46 of which are not included in the list of flora of the Belezma National Park. The most dominant families are Asteraceae (32 species; i.e., 27%) and Fabaceae (13 species; i.e., 11%), which are also families that are frequently found in Algeria, particularly in the Mediterranean region. The study of the phytogeographical spectrum shows that the field stations studied are dominated by the Mediterranean element (75%, 58%). Analysis of the biological types revealed the predominance of hemicryptophytes (30.33%). Therophytes were present with a high percentage at the two study sites (21%, 32%); the disturbance indices were respectively 46%, and 50%, showing high anthropogenic pressure. It is important to take the necessary measures for the preservation and conservation of this precious heritage.

KEY WORDS: biological types, biodiversity, floristic richness, Holm Oak, preservation

ARTICLE HISTORY: received 3 March 2023; received in revised form 25 May 2023; accepted 29 May 2023

### 1. Introduction

Although the great floristic richness and high biogeographical interest of the Mediterranean basin are now highlighted on a global scale (MYERS ET AL., 2000; MÉDAIL & MYERS, 2004), the plant biodiversity of many territories still remains poorly known. In Algeria, the holm oak *Quercus ilex* has been eliminated and replaced by heliophilous vegetation, champhytes adapted to fire, or by ephemeral therophytes, which don't preserve the soils from erosion (DAHMANI, 1997). Although, the oak groves ecosystem in the Belezma forest is an area of great ecological and socio-economic value, the classification of the Belezma National Park as a Biosphere Reserve

does not protect it from threats due mainly to overexploitation (overgrazing, fires, etc.) and climate change. According to SMAIHI ET AL. (2017), the diachronic analysis showed that the regression of the holm oak, linked to fires, favoured the progression of the *Pinus halepensis* and the *Juniperus phoenicea*. In connection with the degradation of this forest ecosystem, it is worth mentioning that the pressure exerted on the oak forest of the Belezma National Park for domestic needs and livestock grazing is causing it to transition into a lighter formation with a tendency towards a steppe-like environment. This generally regressive dynamic is reflected in phenomena such as overgrowth (matorralisation), invasion by steppe species (steppisation), and



invasion by annual species (therophytisation) as defined by BARBERO ET AL. (1990). On the other hand, BOUKERKER (2016) states that the cedar forest presents a regressive dynamic towards lawns with thorny xerophytes and that the whole vegetation of the park is degrading due to the effect of anthropic actions and that the stands of Atlas cedar of Belezma are becoming degraded with a rise of holm oak.

Despite the diversity and richness of this ecosystem, only a few studies have been undertaken in this area. Among these scientific works, phytosociological studies are the most predominant (ABDESSEMED, 1981; YAHY ET AL., 2008). The main aim of this study, was to develop a conservation strategy for the oak forest ecosystems in the Belezma National Park, by establishing the state of the surfaces occupied by *Quercus ilex* and the floristic composition which accompanies it in order to enhance the phytocology data. It was also necessary to understand the dynamics, and the plant taxonomy by analyzing its biological diversity and the pressures which are exerted on this

ecosystem. The study of holm oak stands from a phytocological point of view using a statistical treatment of the floristic data by a hierarchical ascending classification (HAC) allows us to determine the different plant groups existing in the Massif. Given the extent of the degradation in this ecosystem, which is of human and climatic origin, it is necessary to set up a policy for the conservation of this heritage and to draw up suggestions for the safeguarding, improving and conservation of this type of ecosystem.

## 2. Study area

The study was conducted in the Belezma National Park in north eastern Algeria (B.N.E.F, 1986), at two sites (field stations). The first site was Kassrou (35°37'40.33"N, 6°11'06.04"E, 1150 m a.s.l.), characterized by a semi-arid climate with cold winters. The second site was Om rkhaa (35°34'80.972"N, 5°57'63.891"E, 1370 m a.s.l.), characterized by a sub-humid bioclimatic stage with cold winters (Fig. 1).

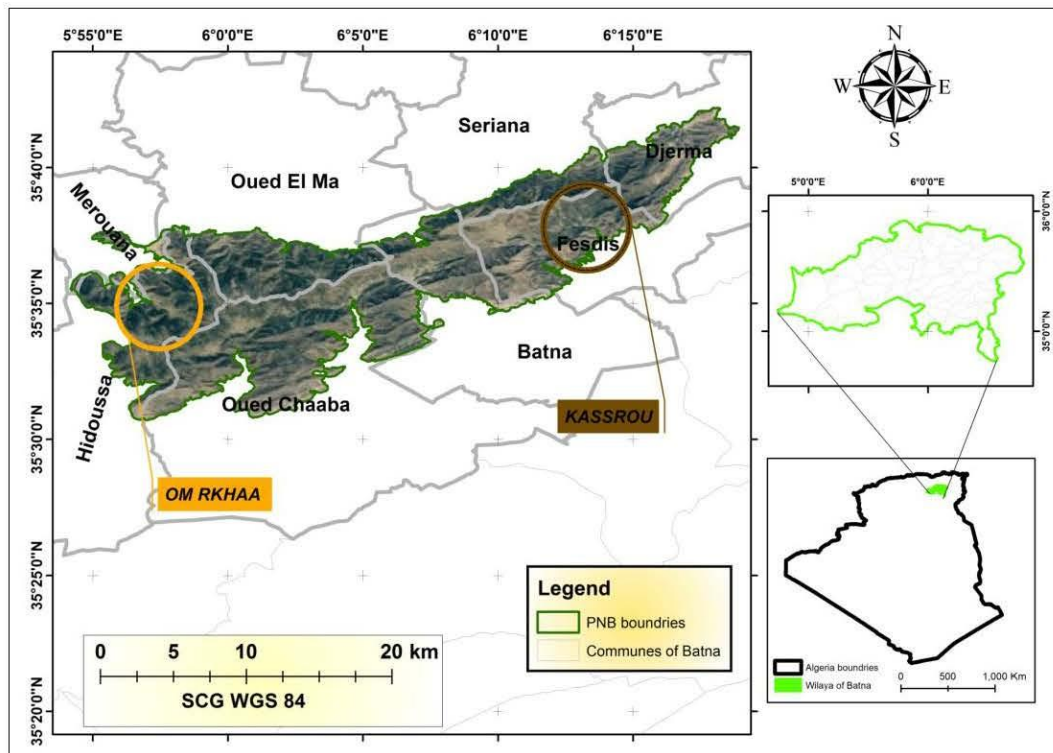


Fig. 1. Location of study area

## 3. Materials and methods

We carried out 20 floristic surveys, 10 surveys for each field station, during the spring of both years (2018 and 2019). The floristic inventories were carried out on square plots of 20 x 20 m (400 m<sup>2</sup>). This size of surface is commonly used in forest ecology, and this measurement resolution aligns well with the perception of ecological phenomena related

to the vascular flora in this type of Mediterranean ecosystem (DAGET & GORDON, 1982; LEPART & ESCARRE, 1993; BRAKMAN, 1989; DECONCHAT, 1999; AUSTIN, 1999 in CHEIKH AL BASSATNEH ET AL., 2007).

To compare the floristic diversity of the surveys, we used the Shannon-Weaver H' and Pielou E's equitability indices (LEGENDRE & LEGENDRE, 1979; DAJOZ, 2003; FRONTIER ET AL., 2008; MARCON, 2013).

The Shannon-Weaver diversity index was calculated using the following formula:

$$H' = - \sum p_i \log_2 p_i \text{ where } p_i = n_i / N$$

Pi: the relative frequency of the category of individuals compared to 1. ni: total number of individuals of species i. N: total number of all individuals.

For the Pielou equitability index E, it was calculated using the following formula:

$$E = \frac{H'}{\log_2 S} \text{ Or } E = \frac{H'}{H'_{\max}}$$

To compare the degree of similarity between the two field stations studied from a population standpoint, we used the Sorensen index (K), which was calculated according to the following formula (BOULWEYDOU, 2008):

$$K\% = 2C / (A+B) * 100$$

K = Sorensen's coefficient, A = number of species in list 1, B = number of species in list 2, C = number of common species in both lists.

Statistical analyses: We used the hierarchical ascending classification (HAC) to define the different vegetation groups existing in the Massif.

## 4. Results and discussion

### 4.1. Floristic diversity

The floristic inventory enabled us to identify 120 species belonging to 106 genera and 34 botanical families, of which 46 species were not included in the flora list of the Belezma National Park (Table 1).

Table 1. Systematic list of plant species inventoried in the study area (+) Presence; (-) Absence, (\*) species not reported in the flora of BNP

| Families             | Species   | Site1<br>Kassrou | Site 2<br>Om rkhaa |
|----------------------|---|------------------|--------------------|
| <i>Anacardiaceae</i> | <i>Pistacia lentiscus</i>                               | +                | -                  |
| <i>Apiaceae</i>      | <i>Daucus carota L.</i>                                 | +                | -                  |
|                      | <i>Thapsia garganica</i>                                | +                | -                  |
|                      | <i>Eryngium campestre</i>                               | -                | +                  |
|                      | <i>Ferula communis</i>                                  | +                | -                  |
| <i>Asteraceae</i>    | <i>Calendula arvensis</i>                               | +                | -                  |
|                      | <i>Urospermum dalechampii (L.)</i>                      | +                | +                  |
|                      | <i>launaea nudicaulis(*)</i>                            | +                | -                  |
|                      | <i>Helichrysum stoechas (L.) Moench(*)</i>              | +                | -                  |
|                      | <i>Reichardia picroides (L.) Roth.</i>                  | +                | -                  |
|                      | <i>Onopordum macracanthum(*)</i>                        | +                | -                  |
|                      | <i>Anthemis tuberculata</i>                             | +                | -                  |
|                      | <i>Chamaemelum nobile (L.) All.(*)</i>                  | +                | -                  |
|                      | <i>Anthemis arvensis(*)</i>                             | +                | -                  |
|                      | <i>Santolina rosmarinifolia</i>                         | +                | +                  |
|                      | <i>Centaurea pullata</i>                                | +                | -                  |
|                      | <i>Artemisia campestris</i>                             | +                | -                  |
|                      | <i>Carduus eu-pycnocephalus(*)</i>                      | +                | -                  |
|                      | <i>Atractylis humilis L. sp. caespitosa (Desf.) (*)</i> | +                | -                  |
|                      | <i>Pallenis spinosa</i>                                 | +                | -                  |
|                      | <i>Santolina chamaecyparissus(*)</i>                    | +                | -                  |
|                      | <i>Carlina lanata L.(*)</i>                             | +                | -                  |
|                      | <i>Filago argentea = Evax argentea Pomel(*)</i>         | +                | -                  |
|                      | <i>Hypochaeris glabra(*)</i>                            | +                | +                  |
|                      | <i>Centaurea nigra(*)</i>                               | -                | +                  |
|                      | <i>Picris echioides(*)</i>                              | -                | +                  |
|                      | <i>Carduncellus pinnatus</i>                            | -                | +                  |
|                      | <i>Scolymus hispanicus</i>                              | -                | +                  |
|                      | <i>Taraxum officinalis</i>                              | -                | +                  |
|                      | <i>Hypochaeris laevigata</i>                            | -                | +                  |
|                      | <i>Bellis sylvestris</i>                                | -                | +                  |
|                      | <i>Carthamus caeruleus(*)</i>                           | -                | +                  |
|                      | <i>Picnomon acrana</i>                                  | -                | +                  |
|                      | <i>Atractylis caespitosa(*)</i>                         | -                | +                  |
|                      | <i>Crepis vesicaria</i>                                 | -                | +                  |
|                      | <i>Crepis bursifolia(*)</i>                             | -                | +                  |
|                      | <i>Lapsana communis</i>                                 | -                | +                  |
|                      | <i>Taraxacum campyloides(*)</i>                         | -                | +                  |
| <i>Asparagaceae</i>  | <i>Muscari comosum</i>                                  | -                | +                  |



|                               |  |   |   |
|-------------------------------|--|---|---|
|                               | <i>Ornithogalum umbellatum</i>               | - | + |
| Brassicaceae                  | <i>Erysimum grandiflorum</i>                 | + | - |
|                               | <i>Sinapis arvensis</i> L.                   | + | + |
|                               | <i>Moricandia arvensis</i>                   | + | - |
|                               | <i>Alyssum</i> sp= <i>Lobularia maritima</i> | + | - |
|                               | <i>Diploaxis virgata</i>                     | - | + |
|                               | <i>Sinapis alba</i> (*)                      | - | + |
| Boraginaceae                  | <i>Borago officinalis</i>                    | + | - |
| Caprifoliaceae                | <i>Scabiosa</i> sp                           | - | + |
| Caryophyllaceae               | <i>Paronychia argentea</i> (*)               | + | + |
| Cistaceae                     | <i>Helianthemum cinereum</i> (*)             | + | + |
|                               | <i>Cistus salvifolius</i>                    | + | - |
|                               | <i>Cistus albidus</i> (*)                    | + | - |
|                               | <i>Fumana ericoides</i> (*)                  | - | + |
| Crassulaceae                  | <i>Sedum sediforme</i>                       | + | - |
|                               | <i>Umbilicus rupestris</i> (*)               | - | + |
| Cupressacées                  | <i>Juniperus oxycedrus</i>                   | + | + |
|                               | <i>Juniperus phoenicea</i>                   | + | - |
| Ephedraceae                   | <i>Ephedra major</i> (*)                     | - | + |
| Fabaceae                      | <i>Astragalus armatus</i>                    | + | + |
|                               | <i>Astragalus echinatus</i> (*)              | - | + |
|                               | <i>Lathyrus articulatus</i>                  | + | - |
|                               | <i>Coronilla valentina</i> (*)               | + | - |
|                               | <i>Ebenus pinnata</i> (*)                    | + | - |
|                               | <i>Lotus corniculatus</i>                    | + | + |
|                               | <i>Retama sphaerocarpa</i> (L.)              | + | - |
|                               | <i>Calycotome spinosa</i>                    | + | + |
|                               | <i>Erinacea anthyllis</i>                    | + | + |
|                               | <i>Medicago lupulina</i>                     | + | - |
|                               | <i>Médicago arborea</i> (*)                  | - | + |
|                               | <i>Coronilla</i> sp                          | - | + |
|                               | <i>Trifolium</i> sp                          | - | + |
| Fumariaceae                   | <i>Fumaria</i> sp                            | + | - |
| Fagaceae                      | <i>Quercus ilex</i>                          | + | + |
| Geraniaceae                   | <i>Geranium rotundifolium</i>                | - | + |
|                               | <i>Erodium cicutarium</i> (*)                | - | + |
| Globulariaceae                | <i>Globularia alypum</i>                     | + | - |
|                               | <i>Marrubium</i> sp                          | - | + |
|                               | <i>Teucrium pseudochamaepitys</i> (*)        | - | + |
| Lamiaceae                     | <i>Ajuga iva</i> (L.) Schreb.(*)             | + | - |
|                               | <i>Thymus ciliatus</i> desf                  | + | - |
|                               | <i>Rosmarinus officinalis</i> L              | + | - |
|                               | <i>Prasium majus</i> (*)                     | + | - |
|                               | <i>Salvia officinalis</i> (*)                | + | - |
|                               | <i>Salvia verbenaca</i>                      | + | + |
|                               | <i>Teucrium polium</i>                       | + | + |
|                               | <i>Thymus algeriensis</i>                    | + | + |
|                               | <i>Marrubium vulgare</i>                     | + | - |
| Liliaceae                     | <i>Tulipa sylvestris</i> L.(*)               | + | - |
|                               | <i>Smilax aspera</i> L.(*)                   | + | - |
|                               | <i>Muscari comosum</i> (L.) Mill.            | + | - |
|                               | <i>Asparagus acutifolius</i>                 | + | - |
|                               | <i>Ornithogalum algeriensis</i> (*)          | + | - |
|                               | <i>Asphodelus microcarpus</i>                | + | - |
|                               | <i>Asphodelus ramosus</i> (*)                | - | + |
|                               | <i>Asphodelus aestivus</i> brot(*)           | - | + |
| Malvaceae                     | <i>Malva sylvestris</i> L.                   | + | - |
| Moraceae                      | <i>Ficus carica</i> L.                       | + | - |
| Nitrariaceae (Zigophyllaceae) | <i>Pegamum harmala</i> (*)                   | + | - |
| Orobanchaceae                 | <i>Orobanche sanguinea</i> C.Presl(*)        | + | - |
| Oleaceae                      | <i>Jasminum fruticans</i> L.                 | + | - |
|                               | <i>Olea europaea</i>                         | + | - |
|                               | <i>Phillyrea media</i>                       | + | - |
|                               | <i>Fraxinus dimorpha</i>                     | - | + |
| Pinaceae                      | <i>Pinus halepensis</i> Mill.                | + | - |

|                |   |   |   |
|----------------|---|---|---|
| Plantaginaceae | <i>Plantago lanceolata</i>                        | + | - |
|                | <i>Plantago albicans. L. (*)</i>                  | + | - |
| Primulaceae    | <i>Anagallis foemina = Lysimachia foemina (*)</i> | + | - |
| Polygonaceae   | <i>Rumex Conglomeratus (*)</i>                    | + | - |
| Poaceae        | <i>Ampelodesmos mauritanicus</i>                  | + | + |
|                | <i>Hordeum murinum L.</i>                         | + | - |
|                | <i>Bromus rubens (*)</i>                          | + | - |
|                | <i>Stipa tenacissima</i>                          | + | + |
|                | <i>Poa bulbosa</i>                                | - | + |
| Ranunculaceae  | <i>Adonis aestivalis L.</i>                       | + | - |
| Resedaceae     | <i>Reseda alba</i>                                | + | - |
| Rhamnaceae     | <i>Ziziphus lotus (*)</i>                         | + | - |
|                | <i>Rhamnus alaternus</i>                          | - | + |
| Rosaceae       | <i>Rosa canina</i>                                | + | - |
|                | <i>Rubus ulmifolius</i>                           | + | - |
| Rubiaceae      | <i>Galium tricornuthum (*)</i>                    | - | + |

#### 4.2. Species distribution by family

The floristic analysis of the surveys showed that the Asteraceae family dominated with 32 species (27%), followed by the Fabaceae with 13 species (11%), the Lamiaceae with 9 species (8%), the Liliaceae with 8 species (7%), and the Brassicaceae with 6 species (5%). These five families are among the richest in terms of genera and species in the taxonomic composition and are well represented in the Mediterranean regions (LE HOUEROU, 1995).

Comparing our results with those of the national flora, the Asteraceae family is the most important botanical family in Algeria, as it contains 408 species distributed across 109 genera (QUEZEL & SANTA, 1963). These results are similar to those reported

by HSEINI ET AL. (2007), who noted that the Asteraceae family still ranks first with 601 species in the spontaneous flora of Morocco (IBN TATTOU, 1987 in HSEINI ET AL., 2007) and by DAHMANI-MEGREROUCHE (1996) in their work on the holm oak forests of Algeria. GHARZOULI & DJELLOULI (2005) also obtained the same results in their study of the forest and pre-forest formations of the Kabylie des Babors, where the Asteraceae family is well represented. The richness of the Asteraceae family in terms of the number of species has also been highlighted by CHAIRA & AIT MEDJBER (2010).

The Fabaceae family was recorded in second place, which indicates evidence of anthropogenic activities, especially overgrazing (Fig. 2).

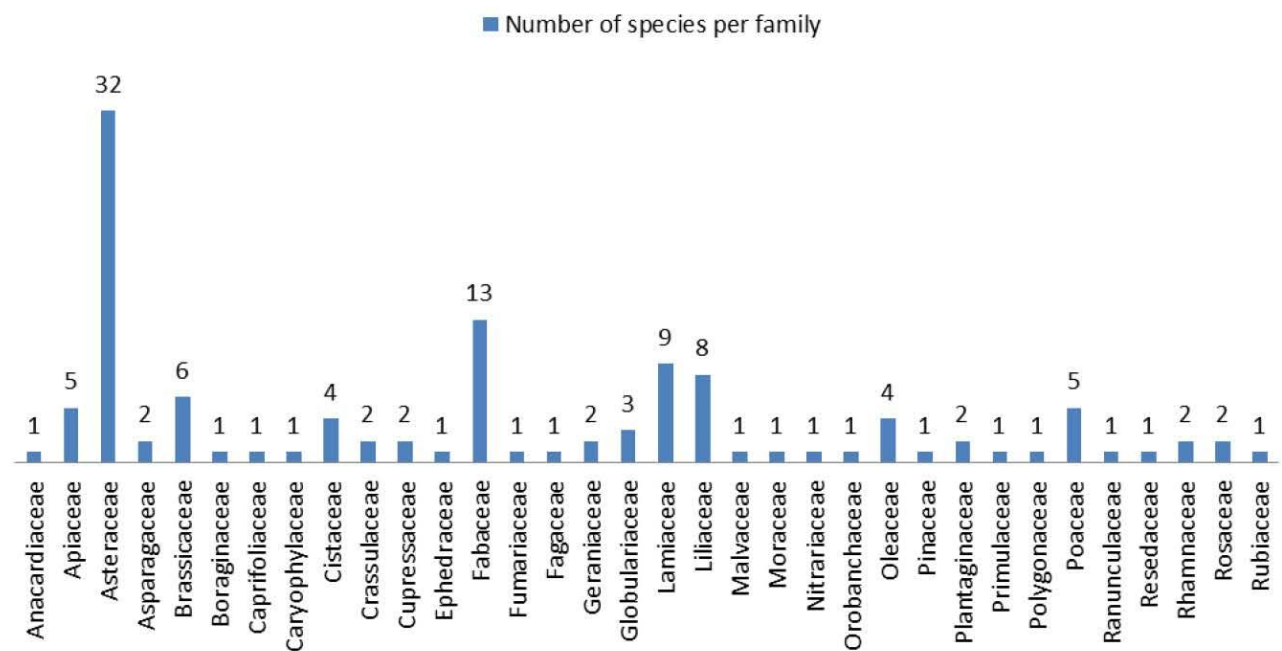


Fig. 2. Distribution of species number by family in the study area

#### 4.3. Distribution by type and biological spectrum

The composition of the vegetation spectrum at the Kassrou station shows a predominance of hemicryptophytes over chamaephytes, therophytes, phanerophytes, and geophytes (Table 2).

At the Om rkhaa station, the distribution of biological types is as follows: Hemicryptophytes < Therophytes < Chamaephytes < Phanerophytes < Geophytes. The overall pattern for all the stations is: Hemicryptophytes < Chamaephytes < Therophytes < Phanerophytes < Geophytes (Table 3).

The stations studied exhibit a predominance of hemicryptophytes (30.33%). According to BARBERO ET AL. (1990), the abundance of hemicryptophytes in the Maghreb countries is attributed to the presence of organic matter, soil moisture, rainfall, and cold conditions (FLORET ET AL., 1990 in BEGHAMI, 2013) (Table 2). Our findings are consistent with those of DAHMANI-MEGREROUCHE (1996), who noted that hemicryptophytes dominate in high-altitude forest environments.

Table 2. Biological spectrum of the Kassrou station

| Biological types | Percentage [%] |
|------------------|----------------|
| Hemicryptophytes | 30             |
| Therophytes      | 21             |
| Chamephytes      | 25             |
| Phanerophytes    | 16             |
| Geophytes        | 8              |

Table 3. Biological spectrum of the Om rkhaa station

| Biological types | Percentage [%] |
|------------------|----------------|
| Hemicryptophytes | 33             |
| Therophytes      | 32             |
| Chamephytes      | 19             |
| Phanerophytes    | 9              |
| Geophytes        | 7              |

Chamaephytes rank second at the Kassrou station, accounting for 25% of the species, and third at the Om rkhaa station, representing 19% of the species. Chamaephytes play a significant role in the vegetation formations of our study area, particularly in the Matorrals. They are well-adapted to summer drought conditions compared to phanerophytes, as highlighted by DANIN & ORSHAN (1990). Chamaephytes, being photophilic and xerophilic, are generally absent in humid environments (DAHMANI, 1997).

Therophytes rank third at the Kassrou station, comprising 21% of the species with a disturbance index of 45.78%. At the Om rkhaa station, they rank second with 32% of the species and a disturbance index of 50%. FLORET & PONTANIER (1982) point out that the more an ecosystem is influenced by man (overgrazing, cultivation), the more important therophytes become. This preponderance of therophytes is jointly linked to seasonal rainfall and the action of man and the fires that characterise the Mediterranean area. The high abundance of therophytes indicates strong anthropic pressure (BENABDELLAH ET AL., 2010). These species also demonstrate resistance to dry periods and high temperatures. Examples of the therophytes encountered include *Pallenis spinosa*, *Bromus rubens*, and *Borago officinalis*. Additionally, FLORET ET AL. (1990) highlight that as a system becomes less influenced by human activities such as overgrazing and cultivation, the prominence of therophytes increases. However, there is a relative decrease in the number of therophytes to pre-forest formations despite their overall high presence. In fact, a higher disturbance index signifies a more disturbed environment (BEGHAMI, 2013). The therophytization of forest formations is associated with the widespread invasion by annual species, often subnitrophilous and dispersed primarily by herds of livestock (BARBERO ET AL., 1990 in BEGHAMI, 2013). The value of the disturbance index largely depends on the dominance of therophytes. In the Maghreb region, the expansion of the degree of openness in the vegetation is currently attributed to disturbances of anthropic origin (QUÉZEL & BARBERO, 1990).

In contrast, phanerophytes and geophytes are less represented, accounting for approximately 16% and 8%, respectively, at the Kassrou station. At the Om rkhaa station, the percentages for phanerophytes and geophytes are 9% and 7%, respectively. According to KADI-HANIFI (2003), the number of geophytes decreases with increasing aridity and habitat openness. GILBERT ET AL. (1996) also note that certain geophytes are highly sensitive to environmental disturbances. DAHMANI-MEGREROUCHE (1996) point out that while geophytes may be less diverse in degraded environments, they can still be represented in some cases in a monospecific manner. In degraded environments, such as those affected by overgrazing, or repeated fires, geophytes can establish themselves and dominate due to their cover abundance (DAHMANI-MEGREROUCHE, 1996). According to KOECHLIN (1961), biological types serve as indicators of a species' life strategy (Table 3).



#### 4.4. Distribution by chorological type

The phytogeographical analysis reveals that the studied stations are predominantly influenced by the Mediterranean element (75%). This observation is supported by QUEZEL (2000) for all North African countries. The northern element represents 10% of the flora, followed by endemics (8%) and species with a wide distribution (7%) at the Kassrou station (Table 4).

Table 4. Chorological spectrum of Kassrou station

| Chorological type     | Percentage [%] |
|-----------------------|----------------|
| Mediterranean element | 75             |
| Northern element      | 10             |
| Endemics              | 8              |
| Large distribution    | 7              |

For the Om rkhaa station, the chorological analysis demonstrates the dominance of the Mediterranean element (58%). Species with a wide distribution rank second at 20%, followed by the northern element (13%) and endemic species (9%) (Table 5).

Our findings are consistent with the results of YAHIE ET AL. (2008), who found a similar dominance of the Mediterranean element in the examined cedar forests of the Tellian and Saharan Atlas regions. This pattern is common in most natural ecosystems in Algeria (QUEZEL, 1964, 2002) and throughout

the Mediterranean basin (QUEZEL & BARBERO, 1990; QUEZEL & MÉDAIL, 2003).

Table 5. Chorological spectrum of Om rkhaa station

| Chorological type     | Percentage [%] |
|-----------------------|----------------|
| Mediterranean element | 58             |
| Large distribution    | 20             |
| Northern element      | 13             |
| Endemics              | 9              |

#### 4.5. Diversity indices

The Shannon-Weaver diversity indice (5.99 - 5.46), which reveal that the station of Kassrou is richly diverse compared to the station of Om rkhaa, together with Pielou's equitability indice (0.94), is relatively high for both stations, indicating that these ecosystems are very diverse. These two ecosystems are represented by a low value for the similarity index ( $K = 24.81\%$ ), which indicates that the two stations are not similar in terms of floristic composition.

#### 4.6. Hierarchical ascending classification (HAC)

The AHC of the species and floristic records for all the ecosystems studied gives a partition into 3 distinct groups for the Kassrou station (Fig. 3).

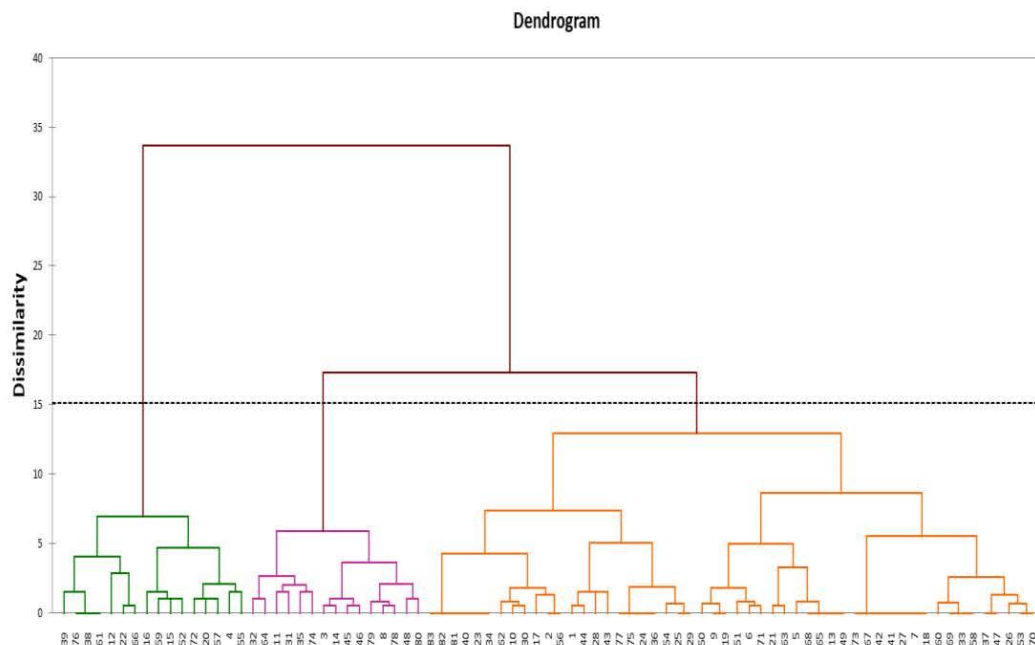


Fig. 3. Dendrogram of the hierarchical bottom-up classification applied to the distribution of plant species in Kassrou station

Group 1. This group contains 16 species, including: *Juniperus phoenicea*, *Stipa tenacissima*, *Juniperus oxycedrus*, *Quercus ilex*, *Atractylis humilis*, *Cistus salviifolius*, *Rosmarinus officinalis* L, *Calycotome*

*spinosa*, *Plantago lanceolata*, *Calendula arvensis*, *Pallenis spinosa*, *Santolina rosmarinifolia*, *Chamaemelum nobile* L, *Pistacia lentiscus*, *Ampelodesmos mauritanicus*, and *Phillyrea media*.

In this group, there are species from arboreal and shrubby formations, such as xerophilous species like *Pistacia lentiscus*, as well as forest and meadow species that characterize humid climatic environments, such as holm oak, *Juniperus phoenicea*, *Juniperus oxycedrus*. The presence of *Calycotome spinosa* in this floristic group indicates the beginning of degradation of the phytocoenosis (EL HAMROUNI, 2001). This group also exhibits a regressive dynamic, which can be explained by the replacement of forest species by *Ampelodesmos mauritanicus* and *Stipa tenacissima*, which are heliophilic species that thrive in degraded formations (DAHMANI, 1997).

Group 2. This group contains 15 species: *Globularia alypum*, *Retama sphaerocarpa*, *Astragalus armatus*, *Fumaria* sp., *Hordeum murinum* L., *Sinapis arvensis* L., *Alyssum* sp., *Bromus rubens*, *Medicago lupulina*, *Moricandia arvensis*, *Thymus algeriensis*, *Artemisia campestris*, *Thapsia garganica*, *Olea europaea*, *Thymus ciliatus*. The presence of *Astragalus armatus* in this group indicates the action of overgrazing.

Group 3. This group has the majority of species (52 species): *Ziziphus lotus*, *Urospermum dalechampii*, *Tulipa sylvestris* L., *Lathyrus articulatus*, *Coronilla valentina*, *Helichrysum stoechas* L., *Reichardia picroides* Roth (L.), *Asphodelus microcarpus*, *Filago argentea*,

*Carduus euphytum*, *Ajuga iva* Schreb, *Pinus halepensis* Mill, *Adonis aestivalis* L., *Marrubium vulgare*, *Ferula communis*, *Malva sylvestris* L., *Teucrium polium*, *Smilax aspera* L., *Daucus carota* L., *Hypochaeris glabra*, *Peganum harmala*, *Ebenus pinnata*, *Ficus carica* L., *Ornithogalum algeriensis*, *Asparagus acutifolius*, *Centaurea pullata*, *Orobanche sanguinea*, *Anthemis arvensis*, *Santolina chamaecyparissus*, *Cistus albidus*, *Reseda alba*, *Anagallis foemina*, *Rumex conglomeratus*, *Rosa canina*, *Borago officinalis*, *Onopordum macracanthum*, *Sedum sediforme*, *Rubus ulmifolius*, *Lotus corniculatus*, *Launaea nudicaulis*, *Erysimum grandiflorum*, *Anthemis tuberculata*, *Carlina lanata* L., *Prasium majus*, *Salvia officinalis*, *Helianthemum canum*, *Plantago albinacs.* L., *Jasminum fruticans* L., *Muscari comosum* Mill (L.), *Erinacea anthyllis*, *Paronychia argentea*, *Salvia verbenaca*. The presence of *Asphodelus microcarpus* in the surveys confirms the extent of devastating anthropic action. When present with *Paronychia argentea*, they can both indicate compacted soils (DEBAZAC, 1959).

The hierarchical ascending classification (HAC) showed that the floristic records of the Om rkha station are divided into 3 groups (Fig. 4).

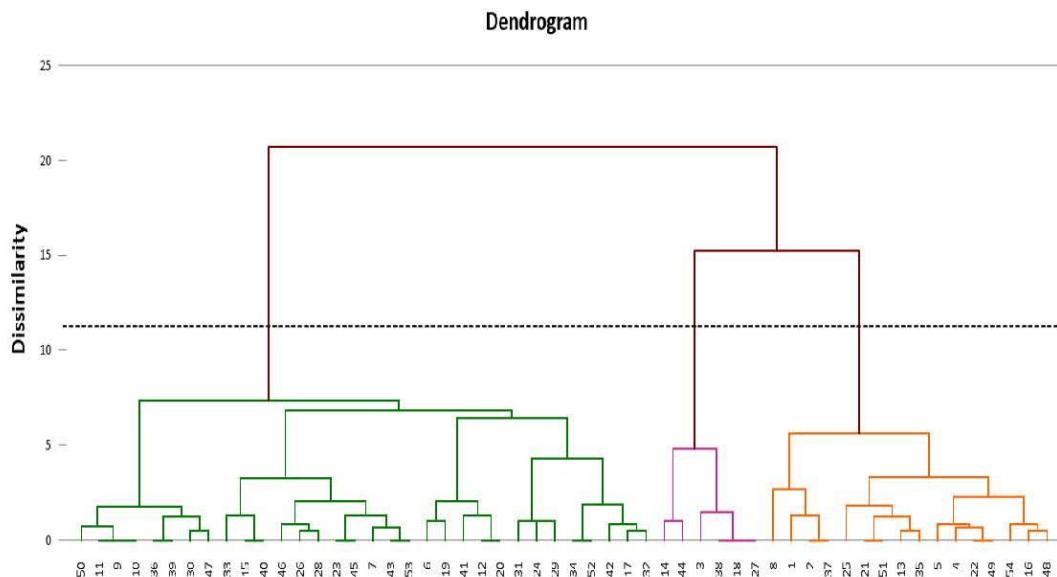


Fig. 4. Dendrogram of the hierarchical bottom-up classification applied to the distribution of plant species in Om rkhaa station

Group 1. This group includes the majority of species (32 species): *Teucrium pseudo-chamaepitys*, *Centaurea nigra*, *Carduncellus pinnatus*, *Carthamus caeruleus*, *Picris echioides*, *Rhamnus alaternus*, *Marrubium* sp, *Taraxacum campyloides*, *Ornithogalum umbellatum*, *Diplotaxis virgata*, *Salvia verbinaca*, *Stipa tenacissima*, *Hypochaeris laevigata*, *Lapsana communis*, *Geranium rotundifolium*, *Sinapis arvensis*, *Bellis sylvestris*, *Scolymus hispanicus*, *Umbilicus peupstris*,

*Atractylis caespitosa*, *Eryngium campestre*, *Santolima rosmarinifolia*, *Coronilla* sp., *Fraxinus dimorpha*, *Medicago arborea*, *Helianthemum cinereum*, *Lotus corniculatus*, *Paronychia argentea*, *Trifolium* sp., *Scabiosa* sp, *Erinacea anthyllis*, *Muscari comosum*. The dominance in this group is due to the hemicryptophytes (*Centaurea nigra*, *Bellis sylvestris*, *Eryngium campestre*...). The presence of *Stipa tenacissima* in this group testifies to the relative



degradation of the environment, especially from anthropic action.

Group 2. This group contains 6 species: *Crepis vesicaria*, *Sinapis alba*, *Asphodelus romosus*, *Quercus ilex*, *Erodium cicutarium*, *Juniperus oxycedrus*. The dominance in this group is due to the therophytes (*Crepis vesicaria*, *Sinapis alba*, *Asphodelus romosus*, *Erodium cicutarium*), which shows the disturbance of the environment (overgrazing, drought), and induces the phenomenon of therophyisation.

Group 3. This group includes 16 species: *Calycotome spinosa*, *Ampelodesma mauritanicum*, *Asphodelus aestivus* brot, *Poa bulbosa*, *Hypochaeris glabra*, *Fumana ericoides*, *Thymus algeriensis*, *Crepis bursifolia*, *Picnomon arcana*, *Astragalus echinatus*, *Astragalus armatus*, *Galium tricorutum*, *Teucrium polium*, *Urospermum dalechampii*, *Ephedra major*, *Taraxacum officinale*.

The presence of some species shows the degradation of the tree cover such as *Ampelodesmos mauritanicus*, *Astragalus armatus*. In this study area, the holm oak is present in the form of scrub, associated with junipers (*Juniperus oxycedrus* and *Juniperus phoenicea*). Moreover, the first species, *Juniperus oxycedrus*, is considered as "the faithful companion of the holm oak" (DAHMANI, 1984).

The degradation of holm oak ecosystems is essentially due to both natural and anthropic pressures (grazing, overexploitation, and fires, etc.) and is explained everywhere by a permanent and continuous regressive evolution. The consequences of this regressive dynamic are a significant change in the floristic composition which varies in the direction of aridity, a modification of the vegetation structure, and a reduction in the plant cover.

## 5. Conclusions

This study, carried out on the forest massif of the Belezma National Park, reflects a real image of the very great floristic diversity which should be protected from threats (over-exploitation, over-grazing, fires, etc.). In addition, knowledge of the dynamics of these holm oak groups, which remains complex, has become necessary in order to better conserve and protect these types of massifs.

However, it would be interesting to extend this type of study to other types of forest ecosystems on the one hand, and to certain plant species on the other, with complete and in-depth studies on the phytoecology of these types of massifs. Similarly it is necessary to take all measures to protect this vegetation against fires, which must be reinforced by the construction of lookout posts, to encourage silvicultural work, to clean up and recut burnt holm oaks, to develop

water points to prevent water being lost through run-off, to use new reforestation techniques to conserve and enhance the value of holm oak matorrals. It is also necessary to think about a sustainable development programme that will take into account the enhancement and conservation of this heritage and try to maintain the same natural range of flora by setting up defenses, which could ensure the preservation of this biodiversity.

## References

- Abdessemed K. 1981. *Le cèdre de l'Atlas (Cedrus atlantica M.) dans les massifs de l'Aurès et du Belezma. Etude phyto-sociologique. Problèmes de conservation et d'aménagement*. Doctoral dissertation. Aix-Marseille, 199.
- B.N.E.F. 1986. *Etude d'aménagement du Parc National de Belezma. Phase I. II. III et IV*. Ministère de l'hydraulique et de l'environnement et des forêts.
- Bagnouls F., Gaussen H. 1953. *Saison sèche et indice xérothermique*. *Revue de géographie de Lyon*, Gen II, 1, art. VIII, Toulouse, 47. I carte.
- Barbero M., Quezel P., Loisel R. 1990. Les apports de la phytoécologie dans l'interprétation des changements et perturbations induits par l'homme sur les écosystèmes forestiers méditerranéens. *Forêt Méditerranéenne*, 12: 194–215.
- Beghami Y. 2013. *Etude et dynamique de la végétation de l'Aurès: Analyse spatio-temporelle de la flore forestière et montagnarde*. Doctoral dissertation. Université Mohamed Khider Biskra, 193.
- Benbdellah Maamari S.M., Elhaitoum A., Ollier S. 2010. Analyse phytoécologique des groupements à thuya (*Tetraclinis articulata* (Vahl) Masters) et à chêne vert (*Quercus rotundifolia* Lam) dans les monts de Tlemcen (Algérie occidentale). *Ecologia Mediterranea*, 36, 2: 84–97.
- Bouazza M., Benabadji N. 1998. Composition et floristique et pression anthropozoiique au sud-Ouest de Tlemcen. *Revue Sciences et Technologie, Constantine*, 10: 93–97.
- Boukerker H. 2016. *Autoécologie et évaluation de la biodiversité dans les Cédraies de Cedrus atlantica Manetti dans le parc national de Belezma (Batna, Algérie)*. Doctoral dissertation. Université Mohamed Khider-Biskra. Faculté des Sciences Exactes, des Sciences de la Nature et de la Vie. Département des Sciences Agronomiques, 213.
- Boulwedou A. 2008. *Caractérisation de l'habitat de la Tortue sillonnée (Geochelone sulcata, Miller, 1979 [sic]) dans le Massif de Termit (Zinder-Niger)*. *Projet Antilope Sahélo-Sahariennes, Niamey, NIGER*, Faculté des Sciences, Département de Biologie, Laboratoire GARBA Mounkaila, 118.
- Braun-Blanquet J. 1951. *Les groupements végétaux de la France méditerranéenne*. C.N.R.S. Paris. Full name
- Chaabane A. 1993. *Etude de la végétation du littoral septentrional de la Tunisie: Typologie, syntaxonomie et éléments d'aménagement*. Doctoral dissertation. Faculté Sciences Technologiques, Université Aix-Marseille 111.338.
- Chaira N., Ait Medjber R. 2010. *Ebauche phytosociologique sur les deux stations Boumerzoug et Tuggart, inventaire floristique et élaboration d'un herbier-photos (parc national de Belezma)*. *Université de Batna. Mémoire d'ingénieur*, 75.
- Cheikh al Bassatneh M. 2007. *Facteurs du milieu, gestion sylvicole et organisation de la biodiversité: les systèmes forestiers de la montagne de Lure (Alpes de Haute-Provence, France)*. Doctoral dissertation. Université Paul Cezanne Aix-Marseille III.



- Daget P.H. 1989. De la réalisation des plans d'échantillonnages en phytosociologie générales. Quelques algorithmes d'allocation. *Biocénoses*, 4, 1(2): 98-118.
- Dagnelie P. 1970. *Théorie et méthode statistique*. 2. Duclot, Gembloux.
- Dahmani M. 1984. *Contribution à l'étude des groupements à chêne vert des monts de Tlemcen (Ouest algérien). Approche phytosociologique et phyto-écologique*. Doctoral dissertation. 30 Cycle, Université, H. BOUMEDIEN, Alger.
- Dahmani M. 1997. *Le Chêne Vert en Algérie. Syntaxonomie, Phytoécologie et dynamique des peuplements*. Doctoral dissertation. Institut Sciences Naturelles, Université Sciences et Technologie Houari Boumediène (USTHB) Alger.
- Dahmani-Megrerouche M. 1996. Groupements à chêne vert et étages de végétation. *Ecologia Mediterranea*, XXII, 3/4: 39-52.
- Dajoz R. 2003. *Précis d'écologie*. Dunod, Paris.
- Danin A., Orshan G. 1990. La distribution de RAUNKIAER Life formse en Israël en relation et - enquêtes de terrain. *Journal of Vegetation Science*, 5: 347-354.
- Debazac E.F. 1959. La végétation forestière de la Kroumirie. *Annales de l'École Nationale des Eaux et Forêts et de la Station de Recherches et Expériences Forestières*, 16, 2: 1-133.
- Djebaili S. 1984. *Steppe algérienne, phytosociologie et écologie*. O.P.U. Alger.
- El Hamrouni A. 2001. *Conservation des zones humides littorales et des écosystèmes cotiers du Cap-Bon. Rapport de diagnostic des sites, partie relative à la flore et à la végétation*. Méd W et Coast, République Tunisienne, 38.
- Emberger L. 1952. *Sur le quotient pluviothermique*. C.R.A.Sc. CCXXXIX: 2508-2510.
- Floret C., Galan M.J., Le Floc'h E., Romane F. 1990. Dynamics of holmoak (*Quercus ilex* L.) Coppies after clear cutting in southern France. *Vegetation*. [in:] F. Romane, G. Terradas (eds); *Quercus ilex* L. Ecosystems function, dynamics and management, Kluwer Academy: 97-105.
- Floret C., Pontanier R., 1982. *L'aridité en Tunisie présaharienne, climat, sol, végétation et aménagement*. ORSTOM, Montpellier.
- Frontier S., Pichod-viale D., Lepretre A., Davoult D., Luczak C. 2008. *Écosystèmes: structure, fonctionnement, évolution*. 4e édition. Dunod, Paris.
- Gehu J.M., Rivaz-Martinez S. 1981. *Notion fondamentales de phytosociologie. Syntaxonomische Colloque*. Berichte International en Symposien der International en Vereinigung fur Vegetation Skunde Syntaxonomie. J. Cramer, Berlin: 5-33.
- Gharzouli R., Djellouli Y. 2005. Diversité floristique des formations forestières et préforestères des massifs méridionaux de la chaîne des Babors (Djebel Takoucht, Adrar ou Mellal, Tababort et Babor), Algérie. *Journal de la Société Botanique de France*, 29: 69-75.
- Gilbert F.S., Wilmers P.G. Semida F.M., Ghazoul J., Zalut S.M. 1996. Spatial variation in selection in a plant-pollinator system in the Wadis of Sinai, Egypt. *Oecologia*, 108: 479-487.
- Gounot M. 1969. *Méthodes d'études quantitatives de la végétation*. Edition Masson, Paris: 1-314.
- Guinochet M. 1973. *La phytosociologie*: 2-16, 26-30, 60-67.
- Guinochet M. 1973. *Phytosociologie*. Paris. Edition Masson, Paris.
- Hseini S., Kahouadj A. 2007. Étude ethnobotanique de la flore médicinale dans la région de Rabat (Maroc occidental). *LAZAROA* 28: 79-93.
- Ibn Tattou. 1987. *Encyclopédie du Maroc - Partie flore*. Première édition. 4.
- Kadi-hanifi H. 2003. Diversité biologique et phytogéographique des formations à *Stipa tenacissima* L. de l'Algérie. *Revue Sécheresse*, 14: 169-179.
- Koechlin J. 1961. *La végétation des savanes dans le sud de la République du Congo*, Ostrom, Paris.
- Le houerou H.N. 1995. *Bioclimatologie et Biogéographie des steppes arides du Nord de l'Afrique, diversité biologique, développement durable et désertisation, Options méditerranéennes, série B Recherches et Études*: 1-396.
- Legendre L., Legendre P. 1979. *Ecologie numérique. Le traitement multiple des données écologiques*. Les presses de l'Université du Québec, 1: 197.
- Lepart J., Escarre J. 1983. La succession végétale, mécanisme et modèles analyse biogéographique. *Bulletin d'écologie Paris*, 14, 3: 133-178.
- Maire R. 1952-1980. *Flore d'Afrique du Nord*. Vol. I à XVI, Le chevalier éd., Paris.
- Marcon E. 2013. *Mesure de la biodiversité*. Master; Kourou, France. 2015.
- Medail F., Myers N. 2004. Mediterranean Basin, [in:] R.A. Mittermeier et al. (coords.), *Hotspots revisited: Earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions*, CEMEX (Monterrey), Conservation International (Washington) & Agrupación Sierra Madre (Mexico).
- Myers N.R.A Mittermeier C.G., Mittermeier G.A.B., Fonseca J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403(6772): 853-858.
- N'da D., Adoui Y., N'guessani K., Kone M., Sagne Y. 2008. Analyse de la diversité floristique du parc national de la Marahoué, centre - Ouest de la Côte d'Ivoire. *Afrique Science: Revue Internationale des Sciences et Technologie*, 4, 3: 552-579.
- Ozenda P. 1982. *Les végétaux dans la biosphère*. Edition Dom. *Revue Géographie de Lyon*, 2-4: 411-425.
- Quezel P. 1964. L'endémisme dans la flore de l'Algérie. *CR. Soc. Biogéographie*, 361: 137-149.
- Quezel P. 2000. *Réflexions sur l'évolution de la flore et de la végétation au Meghreb méditerranéen*. Ibis Press, Paris.
- Quézel P., Barbero M. 1990. Les forêts méditerranéennes: problèmes posés par leur signification historique, écologique et leur conservation. *Acta Botanica Malacitana*, 15: 145-178.
- Quézel P., Médail F. 2003. *Ecologie et biogéographie des forêts du bassin méditerranéen*. Elsevier, Paris.
- Quezel P., Santa S. 1962. *Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales*. CNRS éd, Paris, 1: 1-565.
- Quezel P., Santa S. 1963. *Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales*. CNRS éd, Paris, 2: 566-1170.
- Ramade F. 2003. *Éléments d'écologie, écologie fondamentale*, 3 ed.: 7-63.
- Rameau J.C. 1988. *Le tapis végétal. Structuration dans l'espace et dans le temps. Réponses aux perturbations, méthodes d'étude et intégrations écologiques*. ENGREF. Centre de Nancy.
- Smaïhi H., Kalla M. 2017. Évolution spatiotemporelle des formations végétales du Parc national de Belezma de la région Est de l'Algérie. *Courrier du Savoir*, 24: 175-184.
- Yahi N., Djellouli Y., De Foucault B. 2008. Diversités floristique et biogéographique des cédraies d'Algérie. *Acta Botanica Gallica*, 155, 3: 403-414.

## RÉSUMÉ

L'Écosystème des chênaies dans la forêt de Belezma, renferme de grande valeur écologique et socio-économique, qui malgré le classement du parc national de Belezma comme réserve de la Biosphère, reste exposé à plusieurs menaces, (incendie, surpâturage, changements climatiques, coupes illicites...). Qui influent directement sur la dégradation de cet écosystème forestier. L'objectif principal est de dégager une idée aussi exhaustive que possible sur cette diversité phytoécologique des stations étudiées au niveau du parc, et pour permettre de dégager une démarche méthodologique cohérente pour la suite du raisonnement, il nous semble essentiel de présenter la méthode phytoécologique qui traduit la combinaison, ou les relations entre la végétation et les facteurs écologiques qui jouent un rôle actif dans sa distribution et son développement il serait intéressant de penser à un programme de développement durable qui prendra en considération la préservation de cette forêt à *Quercus ilex*. La région d'étude se caractérise par une importante diversité floristique regroupant 162 espèces végétales. L'approche d'étude dendrométrique nous a permis de trouver la surface terrière moyenne, qui varie entre 0,03 et 0,28 (m<sup>2</sup>/ha), le volume, qui varie entre 1,8 et 18,1 (m<sup>3</sup>/ha). L'étude de la dynamique des formations végétales révèle des tendances régressives et faiblement progressives au cours de la période étudiée (1987-2020). Au vu de ces résultats, des mesures de protection doivent être entreprises, à savoir les mises en défends et la réalisation des travaux sylvicoles pour assurer la protection et la préservation de ce précieux patrimoine forestier.

**MOTS-CLÉS :** Chênaie, dynamique, *Quercus ilex*, Parc national de Belezma, phytoécologie.

## ABSTRACT

The oak forest ecosystem in the Belezma forest is an area of great ecological and socio-économique value. Despite the Belezma National Park's designation as a Biosphere Reserve, it remains exposed to a number of threats (fire, overgrazing, climate change, illegal logging, etc.), all of which have a direct impact on the degradation of this forest ecosystem. The main objective is to obtain as exhaustive an idea as possible of the phytoecological diversity of the sites studied in the park, and to enable a coherent methodological approach to be developed for the rest of the reasoning, it seems essential to us to present the phytoecological method, which reflects the combination or relationships between the vegetation and the ecological factors that play an active role in its distribution and development it would be interesting to think about a sustainable development programme that will take into account the preservation of this Holm oak forest. The study region is characterised by a high floristic diversity, with 162 plant species. The dendrometric study approach enabled us to find the average basal area, which varies between 0.03 and 0.28 (m<sup>2</sup>/ha), and the volume, which varies between 1.8 and 18.1 (m<sup>3</sup>/ha). A study of the dynamics of the plant formations reveals regressive and slightly progressive trends over the period studied (1987-2020). In view of these results, protective measures need to be taken, such as fencing and silvicultural work, to ensure the protection and preservation of this valuable forest heritage.

**KEYWORDS:** Oak forest, dynamics, Holm oak, Belezma National park, Phytoecology.

## ملخص

يحتوي النظام البيئي لأشجار البلوط في غابة بلزمة على قيمة بيئية واجتماعية واقتصادية كبيرة، والتي على الرغم من تصنيف منتزه بلزمة الوطني كمحمية للمحيط الحيوي إلا أنها تظل معرضة لعدة تهديدات (الحرائق، الرعي الجائر، تغير المناخ، قطع الأشجار العشوائي...) تؤثر بشكل مباشر على تدهور النظام البيئي للغابات. الهدف الرئيسي هو تقديم فكرة شاملة قدر الإمكان عن هذا التنوع البيئي النباتي للمحطات التي تمت دراستها على مستوى المنتزه وللسماع لنا بتحديد نهج منهجي متماسك ليقية التفكير، يبدو من الضروري بالنسبة لنا تقديم طريقة بيئية نباتية تترجم الدمج أو العلاقات بين الغطاء النباتي والعوامل البيئية التي تلعب دوراً فعالاً في توزيعه وتنميته، وسيكون من المثير للاهتمام التفكير في برنامج تنمية مستدامة يأخذ في الاعتبار الحفاظ على غابة البلوط الأخضر التي تتميز منطقة الدراسة بتنوع نباتي كبير حيث تضم 162 نوعاً نباتياً. أتاح لنا أسلوب الدراسة التشجيرية إيجاد متوسط المساحة القاعدية، الذي يتراوح بين (0.03 و 0.28/م<sup>2</sup>هكتار) والحجم الذي يتراوح بين (1.8 و 18.1/م<sup>3</sup>هكتار). تكشف دراسة ديناميكية التكوينات النباتية عن اتجاهات تراجعية وتقدمية طفيفة خلال الفترة المدروسة (1987-2020). وفي ضوء هذه النتائج، لا بد من اتخاذ تدابير وقائية، لا سيما تطبيق الأشغال الحراجية اللازمة لضمان حماية هذا التراث الغابي الثمين والحفاظ عليه.

**الكلمات المفتاحية:** غابة البلوط، ديناميكية، البلوط الأخضر، الحظيرة الوطنية لبلزمة، علم البيئة النباتية.