

Faculté des Sciences et Techniques  
 Settat

## THÈSE DE DOCTORAT

Pour l'obtention de grade de Docteur en Biologie et Ecologie végétale

Formation Doctorale: Biologie, Santé, Environnement

Spécialité: Biologie et Ecologie végétale

Sous le thème

 Mise en évidence de la détérioration du couvert  
 végétal de hautes montagnes marocaines  
 Cas de la vallée de Zloul au Moyen Atlas

 Présentée par :  
 Khalid BENARCHID

Soutenue le: 26/09/2020

A la Faculté des Sciences et Techniques de Settat devant le jury composé de :

Pr. Abdel Khalid ESSAMADI	P.E.S	FST Settat	Président
Pr. Ahmed EL ABOUDI	P.E.S	FS Rabat	Rapporteur
Pr. Souad MAATAOUIBELABBES	P.E.S	FST Settat	Rapporteur
Pr. Yahya KOULALI	P.E.S	FST Settat	Examineur
Pr. Mohamed KHATORI	P.E.S	FST Settat	Co-Directeur de thèse
Pr. Said HILALI	P.E.S	FST Settat	Directeur de thèse

Année Universitaire: 2020/2021

## Résumé

L'étude a été consacrée à l'exploration des écosystèmes de la vallée Zloul au Moyen Atlas qui a connu au XXI siècle des changements rapides et intenses. A une avancée progressive de défrichage, durant tout le siècle dernier, a suivi une mise en place d'une arboriculture oléicole soutenue par l'Etat durant quarante ans. Une mise en défens s'impose alors, impliquant l'abandon progressif des élevages bovin, caprin et ovin, qui représentaient jadis l'épine dorsale de l'économie de subsistance locale. Par ailleurs, ces changements sont caractérisés aussi par une déforestation massive suivie d'une reforestation partielle des zones dégradées de la forêt Beni Sohane par un conifère exotique *Pinus halepensis*. L'exploration de ces écosystèmes et l'évaluation de leur dégradation ont été réalisées par des études floristique, morphométrique et pédologique.

L'Analyse Factorielle des Correspondances (AFC) des données floristiques de 122 relevés a permis d'inventorier 346 espèces appartenant à 208 genres et 53 familles de plantes vasculaires.

L'impact anthropozoïque pourrait être illustré d'une manière plus accentuée au niveau de la chamaeropaie, qui enregistre la diversité floristique la plus faible avec un indice de shannon-Weaver de 3.72 et la thérophytisation la plus élevée avec 63%.

L'étude morphométrique a montré un état dégradé des touffes du *Chamaerops humilis*. Le diamètre et la hauteur de la frondaison, ainsi que le nombre de feuilles par individu de la strate arborée sont significativement supérieurs à ceux de la strate anthropisée.

La mise en défens des parcelles oléicoles a un effet positif sur le maintien de la richesse et la diversité floristiques. L'indice de Shannon atteint une valeur maximale de 4.67. Cependant, le niveau de la perturbation est très élevé avec 70.8%. Il semble que ces écosystèmes n'ont pas pu retrouver leur équilibre initial malgré une période de mise en défens relativement longue de 40 ans.

La reforestation partielle par le *Pinus halepensis* dans la forêt Beni Sohane a un impact négatif sur la richesse et la diversité floristiques, d'autant plus accentué avec l'âge des reboisements. Elle a aussi impacté négativement la fertilité des sols. Les teneurs moyennes de tous les éléments nutritifs sont amoindries par rapport à celles des parcelles témoins de la forêt native, surtout pour les nitrates, le phosphore et le bore dont les teneurs moyennes y sont significativement inférieures.

Les écosystèmes de la vallée étudiée présentent des niveaux de dégradation différents et surtout au niveau du versant sud du mont Lakraâ. Outre, l'érosion de la biodiversité, celle des sols est plus avancée suite à la dégénérescence accélérée des touffes du *Chamaerops humilis*.

**Mots clés : Ecosystèmes ; Biodiversité ; Floristique ; Impact anthropozoïque ; Reforestation**

## Abstract

The study was devoted to the exploration of the Zloul valley ecosystems of Middle Atlas that has undergone rapid and intense changes in the 21<sup>st</sup> century. A progressive advance in land clearing, throughout the last century, was followed by the establishment of state-supported olive-growing activities for forty years. This was followed by the gradual abandonment of cattle, goat and sheep farming, which was once the backbone of the local subsistence economy. In addition, these changes are also characterized by massive deforestation followed by partial reforestation of the degraded areas of the Beni Sohane forest by an exotic conifer *Pinus halepensis*. The exploration of these ecosystems and the evaluation of their degradation have been carried out through floristic, morphometric and pedological studies.

The Correspondence Factor Analysis (CFA) of the floristic data of 122 surveys allowed to list and create an inventory of 346 species belonging to 208 genera and 53 families of vascular plants.

The anthropozoic impact is more pronounced at the level of *Chamaerops humilis* steppe, which displays the lowest floristic diversity with a shannon-Weaver index of 3.72 and the highest therophytization with 63%.

The morphometric study showed a degraded state of the *Chamaerops humilis* stumps. The diameter and height of the foliage, as well as the number of leaves per individual in the wooded stratum are significantly higher than in the anthropized stratum.

The grazing ban of the olive plots has a positive effect on floristic richness and diversity. Shannon's index reaches a maximum value of 4.67. However, the level of disturbance floristic composition remains very high with 70.8%. These ecosystems have not been able to recover their initial equilibrium despite a relatively long period of protection.

The partial reforestation by *Pinus halepensis* in the Beni Sohane Forest has a negative impact on floristic richness and diversity, which was all the more accentuated with the age of the reforestation. It also has a negative impact on soil fertility. The average levels of all nutrients were lower than those of the control plots in the native forest, especially for nitrates Phosphorus and Boron, whose average levels are significantly lower.

Ecosystems in the study valley show different levels of degradation, especially on the southern slope of Mount Lakraâ. In addition to the erosion of biodiversity, soil erosion is more advanced due to the accelerated degeneration of the *Chamaerops humilis* stumps.

**Keys words : Ecosystems ; Biodiversity ; Floristics ; Anthropozoic impact ; Reforestation.**

Khalid BENARCHID

 Mise en évidence de la détérioration du couvert végétal  
 de hautes montagnes marocaines  
 Cas de la vallée de Zloul au Moyen Atlas

 Biologie, Santé, Environnement  
 2020/2021

## **Remerciements**

La réalisation de ce travail est certes le fruit de collaboration de plusieurs personnes qui n'ont pas ménagé aucun effort pour venir en aide et parfois même avec une certaine abnégation.

Je tiens d'abord à remercier grandement Monsieur HILALI said, qui a bien voulu accepté de m'encadrer. Merci pour sa disponibilité permanente et ses encouragements surtout aux moments les plus difficiles du doute et du désespoir. Outre son appui scientifique, il a toujours été là pour me soutenir et me conseiller au cours de l'élaboration de cette thèse.

Je ne sais comment exprimer mes sincères remerciements à mon co-directeur Pr KHATORI Mohamed d'avoir cru à mon enthousiasme et à mon déterminisme à mener cette recherche et ce depuis la première étape de postulat pour un thème écologique qui m'est très cher. Sa profonde connaissance du milieu d'étude m'a été très utile pour bien mener cette étude. Merci pour son soutien, ses encouragements son empathie et sa grande humanité.

J'adresse tous mes remerciements à Monsieur Abdel Khalid ESSAMADI Professeur à la Faculté des Sciences et Techniques de Settat pour m'avoir fait l'honneur d'accepter de présider le jury de ma soutenance. J'exprime ma gratitude à Monsieur Ahmed EL ABOUDI, Professeur à la Faculté des Sciences de Rabat, à Monsieur Mohammed IBRIZ, Professeur à la Faculté des Sciences de Kenitra ainsi qu'à Madame Souad MAATAOUIBELABBES Professeur à la Faculté des Sciences et Techniques de Settat de l'honneur qu'ils m'ont fait en acceptant d'être rapporteurs de cette thèse. Mes remerciements vont aussi à Monsieur Yahya KOULALI Professeurs Faculté des Sciences et Techniques, Settat qui a bien voulu être examinateur.

Je tiens à remercier aussi Pr IBN TATTOU Mohamed, Pr FENNANE Mohamed de l'Institut Scientifique de Rabat, ainsi que Pr Cyrille CHATELAIN du Conservatoire de Genève de bien vouloir déterminer une grande partie des plantes qui ont fait l'objet de ce travail. Sans leur contribution, le présent n'aurait pas vu le jour.

J'adresse mes chaleureux remerciements à Mr ZAA Mostafa pour son aide précieux en matière de manipulation des logiciels et des applications qui m'ont été très utiles et nécessaires pour la réalisation de ce travail.

Mes remerciements vont également aux responsables et fonctionnaires des services des eaux forêts notamment MM Kessa Rachid, MAJDI Rachid, Mostafa, RAHOU et MOHAMADINE pour leur disponibilité et pour tout leur aide.

Je tiens aussi à remercier Mr MEZZOUR Mohamed Directeur de la DPA de Sefrou, MM IDRISSE et OUARGHALI responsable et fonctionnaire du CCA de Ribat El Kheir qui n'ont pas ménagé aucun effort pour me fournir toutes informations nécessaires.

J'exprime mes remerciements aussi à El AYADI Adelhak pour son aide à la réalisation des analyses du sol et à l'interprétation de leurs résultats.

Je tiens à remercier Les Prs CHEGHAL Hassan, TENNICH Mostafa, VERBURG Robert, Abdelghani CHAFIK et LAHRICHI Anas pour leurs révisions pertinentes des langues de ma thèse.

Je tiens à remercier la famille de Si Ahmed KANFOUR pour son hospitalité qui m'a hébergé durant toutes les périodes de mon séjour dans le douar d'Ichemlalen de la commune Ighzezrane.

J'exprime toute ma gratitude à ma chère épouse Amina et mes chers enfants Sara, Mohamed Amine et Rayane qui ont partagé avec moi tous les moments de vicissitudes durant tout le déroulement de ce long travail. Je dédie ce travail aussi à mes chers parents Mohammed et Khadouj à mon frère Ismail et mes sœurs Meriem et Hasna. Enfin, à tous mes amis.....

Merci aussi à toutes les personnes que j'ai dû surement oublié...

## ملخص

تتمحور هذه الدراسة لاستكشاف النظم الإيكولوجية لواد زلول بالاطلس المتوسط الذي شهد في القرن الحادي والعشرين تغيرات سريعة ومكثفة خلال القرن الماضي، افرز التقدم التدريجي في عملية إزالة الغابات التي عقبها إنشاء زراعة الزيتون المدعومة من طرف الدولة لمدة أربعين عاما. ولحماية هذه الزراعات كان من الضروري آنذاك التخلي التدريجي عن تربية الأبقار والماعز والأغنام، والتي كانت العمود الفقري لاقتصاد الكفاف المحلي. بالإضافة إلى ذلك، فقد شملت التغيرات أيضا إزالة الغابات على نطاق واسع، لتنشط عملية إعادة التشجير الجزئي للمناطق المتدهورة في غابة بني سوهان بواسطة نوع دخيل من الصنوبريات *Pinus halepensis*. وقد أجريت دراسات نباتية ومورفومترية وكذا دراسة التربة من اجل استكشاف هذه النظم الايكولوجية وتقييم تدهورها.

وقد مكن تحليل عوامل المراسلات AFC للمعطيات النباتية والتي أجريت على 122 دراسة استقصائية، من حصر 346 جنسا تنتمي إلى 208 نوع و 53 أسرة من النباتات الوعائية.

ويمكن توضيح التأثير للاستغلال البشري المفرط بطريقة أكثر حدة عند مستوى مساحات الدوم، الذي يسجل أقل تنوع نباتي بمؤشر شانون ويفرلم يتعدى 3.72 وأعلى نسبة لـ "Thérophytisation" ب 63 %.

أظهرت دراسة المورفومترية حالة متدهورة لنباتات الدوم. حيث ان قطر أوراق الدوم وارتفاعها، فضلا عن عدد الأوراق لكل فرد في الطبقات المشجرة، أكبر بكثير من تلك المتعرضة للاستغلال البشري المفرط.

إن حظر الرعي بالمناطق المزروعة بالزيتون كان لها تأثير إيجابي على الحفاظ على ثراء النباتات وتنوعها. يصل مؤشر إلى قيمة قصوى تبلغ 4.67. ومع ذلك، فإن مستوى الاضطراب مرتفع للغاية عند 70.8%. ويبدو أن هذه النظم الايكولوجية لم تتمكن من استعادة توازنها الأولي رغم فترة حظر طويلة نسبيا مدتها 40 عاما.

أما إعادة التشجير الجزئي بنوع *Pinus halepensis* في غابة بني صوحان، فلها أثر سلبي على الثروة والتنوع النباتي، وتزداد هذه الآثار حدة مع عمر إعادة التشجير. كما كان لها أثر سلبي على خصوبة التربة. حيث شهدت المستويات المتوسطة من كل المواد الغذائية انخفاضا بالمقارنة مع تلك المسجلة بقطع الغابة الأصلية، وخاصة بالنسبة للنترات والفسفور والبورون، التي سجلت انخفاضا مهما.

وتبين النظم الإيكولوجية في الواد الذي تمت دراسته مستويات مختلفة من التدهور، لاسيما على المنحدر الجنوبي لجبل لقرع. فضلا عن ذلك فإن تآكل التنوع البيولوجي، وتآكل التربة، أصبح أكثر تقدماً في أعقاب التدهور المتسارع لشجيرات الدوم.

**الكلمات المفتاحية : النظم الإيكولوجية ؛ التنوع البيولوجي ؛ علم النبات ؛ تأثير الإنسان و الحيوان ؛ إعادة التشجير.**

## Résumé

L'étude a été consacrée à l'exploration des écosystèmes de la vallée Zloul au Moyen Atlas qui a connu au XXI siècle des changements rapides et intenses. A une avancée progressive de défrichement, durant tout le siècle dernier, a suivi une mise en place d'une arboriculture oléicole soutenue par l'Etat durant quarante ans. Une mise en défens s'impose alors, impliquant l'abandon progressif des élevages bovin, caprin et ovin, qui représentaient jadis l'épine dorsale de l'économie de subsistance locale. Par ailleurs, ces changements sont caractérisés aussi par une déforestation massive suivie d'une reforestation partielle des zones dégradées de la forêt Beni Sohane par un conifère exotique *Pinus halepensis*. L'exploration de ces écosystèmes et l'évaluation de leur dégradation ont été réalisées par des études floristique, morphométrique et pédologique.

L'Analyse Factorielle des Correspondances (AFC) des données floristiques de 122 relevés a permis d'inventorier 346 espèces appartenant à 208 genres et 53 familles de plantes vasculaires.

L'impact anthropozoïque pourrait être illustré d'une manière plus accentuée au niveau de la chamaeropaie, qui enregistre la diversité floristique la plus faible avec un indice de shannon-Weaver de 3.72 et la thérophytisation la plus élevée avec 63%.

L'étude morphométrique a montré un état dégradé des touffes du *Chamaerops humilis*. Le diamètre et la hauteur de la frondaison, ainsi que le nombre de feuilles par individu de la strate arborée sont significativement supérieurs à ceux de la strate anthropisée.

La mise en défens des parcelles oléicoles a un effet positif sur le maintien de la richesse et la diversité floristiques. L'indice de Shannon atteint une valeur maximale de 4.67. Cependant, le niveau de la perturbation est très élevé avec 70.8%. Il semble que ces écosystèmes n'ont pas pu retrouver leur équilibre initial malgré une période de mise en défens relativement longue de 40 ans.

La reforestation partielle par le *Pinus halepensis* dans la forêt Beni Sohane a un impact négatif sur la richesse et la diversité floristiques, d'autant plus accentué avec l'âge des reboisements. Elle a aussi impacté négativement la fertilité des sols. Les teneurs moyennes de tous les éléments nutritifs sont amoindries par rapport à celles des parcelles témoins de la forêt native, surtout pour les nitrates, le phosphore et le bore dont les teneurs moyennes y sont significativement inférieures.

Les écosystèmes de la vallée étudiée présentent des niveaux de dégradation différents et surtout au niveau du versant sud du mont Lakraâ. Outre, l'érosion de la biodiversité, celle des sols est plus avancée suite à la dégénérescence accélérée des touffes du *Chamaerops humilis*.

**Mots clés : Ecosystèmes ; Biodiversité ; Floristique ; Impact anthropozoïque ; Reforestation.**

## Abstract

The study was devoted to the exploration of the Zloul valley ecosystems of Middle Atlas that has undergone rapid and intense changes in the 21<sup>st</sup> century. A progressive advance in land clearing, throughout the last century, was followed by the establishment of state-supported olive-growing activities for forty years. This was followed by the gradual abandonment of cattle, goat and sheep farming, which was once the backbone of the local subsistence economy. In addition, these changes are also characterized by massive deforestation followed by partial reforestation of the degraded areas of the Beni Sohane forest by an exotic conifer *Pinus halepensis*. The exploration of these ecosystems and the evaluation of their degradation have been carried out through floristic, morphometric and pedological studies.

The Correspondence Factor Analysis (CFA) of the floristic data of 122 surveys allowed to list and create an inventory of 346 species belonging to 208 genera and 53 families of vascular plants.

The anthropozoic impact is more pronounced at the level of *Chamaerops humilis* steppe, which displays the lowest floristic diversity with a shannon-Weaver index of 3.72 and the highest therophytization with 63%.

The morphometric study showed a degraded state of the *Chamaerops humilis* stumps. The diameter and height of the foliage, as well as the number of leaves per individual in the wooded stratum are significantly higher than in the anthropized stratum.

The grazing ban of the olive plots has a positive effect on floristic richness and diversity. Shannon's index reaches a maximum value of 4.67. However, the level of disturbance floristic composition remains very high with 70.8%. These ecosystems have not been able to recover their initial equilibrium despite a relatively long period of protection.

The partial reforestation by *Pinus halepensis* in the Beni Sohane Forest has a negative impact on floristic richness and diversity, which was all the more accentuated with the age of the reforestation. It also has a negative impact on soil fertility. The average levels of all nutrients were lower than those of the control plots in the native forest, especially for nitrates Phosphorus and Boron, whose average levels are significantly lower.

Ecosystems in the study valley show different levels of degradation, especially on the southern slope of Mount Lakraâ. In addition to the erosion of biodiversity, soil erosion is more advanced due to the accelerated degeneration of the *Chamaerops humilis* stumps.

**Keys words : Ecosystems ; Biodiversity ; Floristics ; Anthropozoic impact ; Reforestation.**

## TABLE DES MATIERES

<b>INTRODUCTION GENERALE .....</b>	<b>1</b>
<b>PREMIERE PARTIE : Présentation de la zone d'étude.....</b>	<b>6</b>
<b>Chapitre 1 : Milieu physique .....</b>	<b>7</b>
I Situation géographique.....	8
II Situation administrative et forestière .....	8
III Topographie.....	10
IV Hydrographie.....	12
V Géologie et géomorphologie.....	13
VI Pédologie .....	16
VI.1 Sols peu évolués .....	16
VI.2 Sols minéraux bruts .....	16
VI.3 Sols isohumiques.....	16
VI.4 Sols complexes .....	17
<b>Chapitre 2 : Climat et bioclimat .....</b>	<b>18</b>
I Climat .....	19
I.1 Introduction .....	19
I.2 Choix des stations météorologiques .....	19
I.3 Précipitations .....	20
I. 3. 1 Répartition spatiale de la pluviométrie.....	21
I. 3. 2 Variations temporelles de la pluviométrie.....	22
I.3.2.1 Variations interannuelles de la pluviométrie.....	22
I.3.2.2 Variations mensuelles de la pluviométrie.....	23
I.3.2.3 Variations saisonnières des précipitations.....	25
I.4 Températures .....	28
I. 4. 1 Températures moyennes annuelles et mensuelles .....	28
I. 4. 2 Gradients thermiques altitudinaux.....	30
I.5 Vents.....	30
I.6 Enneigement.....	30
II Bioclimat.....	31
II.1 Introduction.....	31
II.2 Indice de sécheresse estivale (Indice xérothermique d'Emberger).....	31
II.3 Amplitude thermique .....	32
II.4 Quotient pluviothermique d'Emberger .....	33
II.5 Climagramme d'Emberger.....	34
II.6 Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen .....	36
II.7 Indice d'aridité de De Martonne .....	38
III Conclusion.....	40
<b>Chapitre 3 : Milieu humain et Dégradation du milieu .....</b>	<b>41</b>
I Introduction .....	42
II Généralités .....	42

II.1 Evolution démographique .....	42
II.2 Occupation des sols.....	43
II.3 Activités socioéconomiques.....	45
III Principales formes de dégradation du milieu.....	46
III.1 Erosion de la biodiversité .....	46
III.2 Surpâturage .....	47
III.3 Déforestation.....	49
III.4 Erosion des sols .....	51
III.5 Incendies.....	52
IV Conclusion.....	56

## **DEUXIEME PARTIE : Etude de la végétation..... 58**

### **Chapitre 1 : Caractères physiologiques de la végétation .....59**

I Introduction .....	60
II Formations steppiques .....	60
II.1 Steppe à <i>Chamaerops humilis</i> (Chamaeropaie) .....	62
II.2 Steppe à <i>Ampelodesmos mauritanicus</i> (Dissaie).....	63
II.3 Steppe altitudinale à xérophytes épineux en coussinet .....	64
III Matorral .....	65
IV Formations oléicoles.....	66
V Reboisement de pin d'Alep ( <i>Pinus halepensis</i> ) .....	68
VI Cédraie .....	69
VII Chênaie .....	70
VIII Oxycédraie.....	71
IX Conclusion.....	73

### **Chapitre 2 : Etude floristique .....74**

I Introduction .....	75
II Matériel et méthodes.....	76
II.1 Echantillonnage.....	76
II.2 Collecte des données floristiques .....	78
II.3 Diversité floristique.....	79
II. 3. 1 Indice de Shannon-Weaver ( $H'$ ) .....	79
II. 3. 2 Indice d'équitabilité de Pielou (E).....	79
II.4 Spectre biologique des formations végétales .....	79
II.5 Indice de perturbation .....	80
II.6 Analyse des données .....	80
II.7 Identification et codage des espèces .....	81
III Résultats et discussion .....	81
III.1 Interprétation des plans factoriels .....	81
III. 1. 1 Analyse des relevés.....	82
III. 1. 2 Analyse des espèces.....	84
III.1.2.1 Groupe des espèces d'altitude.....	85
III.1.2.2 Groupe des espèces de matorral.....	87
III.1.2.3 Groupe d'espèces des zones déforestées .....	87



III. 1. 3 Analyse floristique.....	89
III. 1. 4 Richesse floristique.....	89
I.1 Diversité floristique.....	93
III. 1. 5 Spectre biologique.....	94
III. 1. 6 Perturbation du milieu.....	95
III.2 Impact de la déforestation.....	96
III.3 Impact du surpâturage.....	96
III.4 Impact de la mise en défens des parcelles oléicoles.....	97
IV Conclusion.....	98

## **TROISIEME PARTIE : Dégradation de la chamaeropaie ..... 100**

### **Chapitre 1 : Caractéristiques générales du *Chamaerops humilis* L. ....101**

I Introduction.....	102
II Ecologie du <i>Chamaerops humilis</i> L.....	103
III Aire naturelle du <i>Chamaerops humilis</i> .....	104
IV Principales caractéristiques morphologiques du <i>Chamaerops humilis</i> .....	105
V Importance socio-économique du <i>Chamaerops humilis</i> L.....	108

### **Chapitre 2 : Etude floristique de la chamaeropaie .....111**

I Introduction.....	112
II Matériel et méthodes.....	113
II.1 Présentation de la zone d'étude.....	113
II.2 Etude floristique.....	113
III Résultats et discussion.....	114
III.1 Richesse et diversité floristiques.....	114
III. 1. 1 Indice de Shannon-Weaver (H').....	115
III. 1. 2 Indice d'équitabilité (E).....	115
III.2 Spectre biologique.....	115
III.3 Perturbation du milieu.....	117
IV Conclusion.....	118

### **Chapitre 3 : Etude morphométrique du *Chamaerops humilis* L. ....120**

I Introduction.....	121
II Matériel et méthodes.....	122
III Comparaison des moyennes.....	123
IV Corrélation entre les variables morphométriques.....	125
V Conclusion.....	127

## **QUATRIEME PARTIE : Impact de la reforestation par le *Pinus halepensis* Mill. .... 129**

### **Chapitre 1 : Caractéristiques générales du *Pinus halepensis* Mill. ....130**

I Introduction.....	131
II Aire naturelle du <i>Pinus halepensis</i> Mill.....	131
III Caractéristiques morphologiques du <i>Pinus halepensis</i> Mill.....	132

IV Ecologie du <i>Pinus halepensis</i> Mill.....	133
<b>Chapitre 2 : Impact de la reforestation par le <i>Pinus halepensis</i> Mill. sur la biodiversité végétale.....</b>	<b>135</b>
I Introduction .....	136
II Matériel et méthodes.....	137
II.1 Présentation de la zone d'étude.....	137
II.2 Etude floristique.....	138
III Résultats et Discussion .....	138
III.1 Richesse floristique.....	138
III.2 Diversité floristique .....	139
III. 2. 1 Indice de Shannon-Weaver (H') .....	139
III. 2. 2 Indice d'Equitabilité de Pielou (E) .....	140
III.3 Spectre biologique .....	144
III.4 Perturbation du milieu .....	146
IV Conclusion.....	147
<b>Chapitre 3 : Impact de la reforestation par le <i>Pinus halepensis</i> Mill. sur la fertilité du sol .....</b>	<b>148</b>
I Introduction .....	149
II Matériel et méthodes.....	150
II.1 Echantillonnage du sol .....	151
II.2 Analyse du sol.....	152
II. 2. 1 Préparation des échantillons du sol .....	152
II. 2. 2 Granulométrie à 5 fractions.....	152
II. 2. 3 Calcaire total et calcaire actif.....	153
II. 2. 4 pH.....	153
II. 2. 5 Conductivité électrique .....	153
II. 2. 6 Matière organique .....	154
II. 2. 7 Eléments nutritifs majeurs .....	154
II.2.7.1 Azote .....	154
II.2.7.2 Phosphore assimilable.....	155
II.2.7.3 Potassium et magnésium échangeables.....	155
II. 2. 8 Les oligo-éléments (Cuivre, Manganèse, Fer et Zinc et Bore) .....	156
II.3 Analyse des données .....	156
III Résultats et discussion.....	157
III.1 Impact de la reforestation par le <i>P. halepensis</i> sur le pH.....	157
Impact de la reforestation par le <i>P. halepensis</i> sur la teneur du sol en matière .....	158
organique .....	158
III.2 Impact de la reforestation par le <i>P. halepensis</i> sur les teneurs en éléments nutritifs.....	160
IV Conclusion.....	165
<b>CONCLUSION GENERALE .....</b>	<b>166</b>
<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....</b>	<b>171</b>
<b>ANNEXES.....</b>	<b>185</b>

## Liste des figures

Figure 1 : Carte de situation de l'aire d'étude .....	9
Figure 2 : Carte de découpage administratif de la zone d'étude.....	10
Figure 3 : Carte altimétrique de l'aire d'étude.....	11
Figure 4 : Carte du réseau hydraugraphique de l'aire d'étude.....	13
Figure 5 : Carte géologique de l'aire d'étude .....	15
Figure 6 : Carte pédologique de l'aire d'étude .....	17
Figure 7: Diagramme de pluviométrie moyenne annuelle.....	22
Figure 8 : Variations interannuelles de la pluviométrie au niveau des 5 stations de référence .....	24
Figure 9 : Evolution de la pluviométrie mensuelle au niveau des 5 stations de référence .....	25
Figure 10 : Régimes pluviométriques saisonniers des stations météorologiques .....	27
Figure 11 : Classification des stations météorologiques selon le climagramme d'Emberger .....	36
Figure 12 : Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausson .....	37
Figure 13 : Répartition des cultures agricoles de la zone d'étude .....	44
Figure 14 : Revenus des ménages ruraux du terroir de la forêt de Beni Sohane (S.E.I, 2014).....	45
Figure 15 : Répartition du cheptel selon les types de bétail dans la commune d'Ighzrane .....	48
Figure 16 : Superficie des incendies durant la période 2010-2019.....	54
Figure 17 : Coupe de la végétation de l'aire de l'étude .....	61
Figure 18 : Carte des relevés. Plan 1-2.....	83
Figure 19 : Carte des relevés. Plan 1-3 .....	84
Figure 20 : Analyse globale de L'AFC. Carte des espèces. Plan 1-2 et plan 1-3 .....	86
Figure 21: Analyse partielle. Carte des espèces. Plan 1-2.....	88
Figure 22 : Analyse partielle. Carte des espèces et des relevés. Plan 1-2.....	89
Figure 23 : Spectre biologique des groupes de relevés.....	95
Figure 24 : Distribution de <i>Chamaerops humilis</i> dans le bassin méditerranéen.....	104
Figure 25 : Distribution des espèces par familles de plantes vasculaires au niveau de la chamaeropaie .....	114
Figure 26 : Spectre biologique des espèces inventoriées dans la chamaeropaie .....	116
Figure 27 : Richesse spécifique de l'aire d'étude .....	140
Figure 28 : Comparaison de la richesse spécifique des parcelles reboisées et des parcelles témoins .....	141
Figure 29 : Evolution de la richesse floristique en fonction de l'âge des reboisements .....	143
Figure 30 : Spectre biologique des parcelles reboisées et des témoins.....	145
Figure 31 : Evolution du Spectre biologique des parcelles reboisées selon l'âge de plantation.....	146

## Liste des tableaux

Tableau 1: Caractéristiques des stations météorologiques de référence .....	20
Tableau 2 : Variations mensuelles de la pluviométrie des 5 stations de référence .....	25
Tableau 3 : Régime pluviométrique selon le coefficient d'Angöt.....	26
Tableau 4 : Tableau synthétique des températures .....	29
Tableau 5 : Classement de types thermiques des stations de référence en fonction de la température moyenne annuelle (Rivas-Martínez, 1996) .....	29
Tableau 6 : Indice de sécheresse des stations de référence selon l'échelle proposée par Daget (1977a) .....	32
Tableau 7 : Classification des climats par Debrach.....	32
Tableau 8 : Amplitudes thermiques des stations de référence.....	33
Tableau 9 : Variantes climatiques selon Daget et David ( 1982) .....	34
Tableau 10 : Coefficients d'Emberger et étages bioclimatiques .....	35
Tableau 11: Classification des bioclimats en fonction des valeurs de l'indice d'aridité (IDM).....	38
Tableau 12 : Classification des bioclimats selon l'Indice annuel de Martonne.....	39
Tableau 13 : classification des bioclimats selon l'Indice mensuel de Martonne .....	39
Tableau 14 : Evolution de la population de la commune d'Ighezrane .....	43
Tableau 15 : Répartition mensuelle du nombre de foyers d'incendies dans la forêt Beni Sohane (2010-2019).....	55
Tableau 16 : Coefficient d'abondance-dominance Braun Blanquet et recouvrements moyens .....	78
Tableau 17 : Valeurs propres et taux d'inertie des axes factoriels de l'AFC .....	82
Tableau 18 : Richesse floristique de la zone d'étude.....	90
Tableau 19 : Comparaison des richesses spécifiques et génériques des groupes de relevés .....	91
Tableau 20 : Distribution des espèces par familles de plantes vasculaires du groupe de relevés d'altitude .....	91
Tableau 21 : Distribution des espèces par familles de plantes vasculaires du groupe de relevés de la forêt de Beni Sohane .....	92
Tableau 22 : Distribution des espèces par familles de plantes vasculaires du groupe de relevés des parcelles oléicoles mises en défens .....	92
Tableau 23 : Distribution des espèces par familles de plantes vasculaires du groupe de relevés des steppes.....	93
Tableau 24 : Comparaison des indices de diversité et de perturbation entre les 4 groupes de relevés.....	93
Tableau 25 : Mesures moyennes des variables morphométriques du <i>Chamerops humilis</i> .....	124
Tableau 26 : Tableau des corrélations des variables morphométriques du <i>Chamerops humilis</i> .....	125
Tableau 27 : Comparaison de la richesse, des indices de la diversité et de la perturbation floristiques.....	141
Tableau 28 : Impact du reboisement de <i>P. halepensis</i> sur le pH du sol .....	157
Tableau 29 : Test de Student (t) du pH du sol au seuil de signification 5% .....	157
Tableau 30 : Impact du reboisement de <i>P. halepensis</i> sur la teneur du sol en matière organique.....	159
Tableau 31 : Test de Student (t) de la teneur du sol en matière organique au seuil de signification 5% .....	159
Tableau 32 : Impact du reboisement de <i>P. halepensis</i> sur les teneurs éléments nutritifs .....	161
Tableau 33 : Impact du reboisement de <i>P. halepensis</i> sur les teneurs en éléments nutritifs en fonction de la profondeur du sol.....	162
Tableau 34 : Test de Student t des variables caractéristiques du sol au seuil de signification 5% .....	163
Tableau 35 : Test non paramétrique Mann Whitney U des variables caractéristiques du sol au seuil de signification 5% .....	163

## Liste des photos

Photo 1: Effets de l'érosion hydrique au niveau du versant sud de Jbel Lakraâ .....	52
Photos 2 : Incendies des jeunes plantations de <i>Pinus halepensis</i> .....	53
Photo 3 : Pare-feu aménagé au niveau du reboisement de <i>Pinus halepensis</i> (arrière-plan) .....	54
Photos 4 : Régénération des souches de de chêne vert et de phillaire après incendie .....	56
Photo 5 : Steppe dégradée à <i>Chamaerops humilis</i> .....	62
Photo 6 : Steppe à <i>Ampelodesmos mauritanicus</i> .....	63
Photo 7 : Steppe altitudinale à coussinets xérophytes .....	64
Photo 8 : Matorral naturel (non reboisé).....	66
Photo 9 : Végétation spontanée des plantations d'olivier.....	67
Photo 10 : Matorral reboisé par <i>Pinus halepensis</i> .....	69
Photo 11 : Cédraie de Jbel Ramouz.....	70
Photo 12 : Chênaie en futaie de Jbel Ramouz .....	71
Photo 13 : Oxycédraie parsemée de Jbel Ramouz.....	72
Photos 14 : Caractéristiques morphologiques du <i>Chamaerops hmilis</i> .....	107
Photo 15 : Machine à effilochage .....	110
Photo 16 : Production de crin végétal dans l'unité d'Ikharwaen.....	110
Photo 17 : Mezlag de feuilles de <i>Chamaerops humilis</i> exposées au soleil pour séchage.....	110
Photo 18 : Mise à nue de la roche mère au niveau de la strate anthropisée après la dégénérescence des touffes de <i>Chamaerops humilis</i> .....	126
Photo 19 : Touffes de <i>Chamaerops humilis</i> bien développées de la Strate arborée .....	126

## Liste des annexes

Annexe 1 : Tables floristiques .....	186
Annexe 3 : Liste des espèces de l'aire d'étude .....	243
Annexe 4 : Mesures morphométriques .....	250
Annexe 5 : Comparaison des moyennes des variables morphométriques .....	254
Annexe 6 : Tableaux des corrélations par le logiciel SPSS .....	255

# **INTRODUCTION GENERALE**

---

## Introduction générale

Depuis des millénaires, l'Homme vivait en symbiose avec la nature, il en faisait partie intégrante. Son évolution actuelle vers un être supérieur et maître incontestable qui domine et surexploite toute la planète, est devenu une menace sérieuse pouvant conduire à des catastrophes inévitables. Notamment, en matière d'érosion de la biodiversité qui représente aujourd'hui une des principales problématiques environnementales. Selon un rapport récent de la Plateforme Intergouvernementale sur la Biodiversité et les Services Ecosystémiques (**IPBES**) (**LFDA, 2019**), le taux d'extinction est alarmant. Avec environ 1 million d'espèces animales et végétales menacées de disparition, le processus de la 6<sup>ème</sup> extinction de masse est déjà enclenché.

Depuis le début du Néolithique, les forêts méditerranéennes ont été profondément perturbées et façonnées par l'action de l'Homme surtout au cours du dernier siècle (**Allen, 2003 ; Quézel et Barbero, 1990**). Elles sont influencées par divers facteurs biogéographiques et diverses pressions anthropiques (**Quezel, 1976**). Leur état actuel peut être considéré comme le résultat de l'interaction de facteurs paléogéographiques, climatiques, et écologiques (**Quézel, 1985**). Dans la rive sud de la méditerranée, les écosystèmes forestiers représentent un milieu naturel fragile (**Quézel et Barbero, 1990**), la pression anthropozoïque a causé leur forte perturbation et la régression de leurs surfaces (**Barbero, et al., 1990a**).

Les régions de montagne sont une composante importante des écosystèmes terrestres, en termes de ressources et de services qu'elles fournissent (**Beniston et al., 1997**). Au Maroc, la majeure partie des populations de montagnes vivent encore au dépend des ressources naturelles. Cependant, les effets conjugués de la croissance démographique et du changement du mode de vie des populations montagnardes, entraînent un fort déséquilibre entre les besoins croissants des populations en ressources naturelles et la faible capacité de production de ces écosystèmes. En outre, le stress climatique méditerranéen de plus en plus accentué par ces changements a augmenté la vulnérabilité de ces écosystèmes et a causé une rupture généralisée de leur équilibre naturel (**Benabid et Fennane, 1994**).

La vallée Zloul objet de notre étude se situe dans le Moyen Atlas septentrional. Elle a connu des changements accélérés et profonds au cours de la deuxième moitié du siècle dernier. Nous avons identifié 3 principaux changements qui ont profondément modifié

## Introduction générale

les écosystèmes et qui auraient fort probablement des conséquences déterminantes d'un point de vue écologique et socioéconomique.

La déforestation massive a causé la disparition complète de la forêt de chêne vert (*Quercus ilex*) qui couvrait le versant sud du Jbel Lakraâ. Une espèce de remplacement *Chamaerops humilis* s'est installée alors sur place et a colonisé tout le versant sous forme d'une nappe continue ou chamaeropaie. La colonisation de ce versant par une espèce anthropique telle que le *C. humilis* pourrait être considérée comme une dynamique régressive de ces écosystèmes (Quézel et al., 1992). Néanmoins, après la disparition de la strate arborescente, le *C. humilis* demeure le dernier rempart contre l'érosion du sol, grâce à son système racinaire dense et profond. En dépit de sa rusticité, le *C. humilis* est sérieusement menacé par le pâturage et par l'exploitation humaine. Il est assujéti à son tour à une pression anthropozoïque de plus en plus accentuée, surtout après la décision du gouvernement relative à l'interdiction des sacs en plastique et le renouement avec le panier artisanal fait à partir des feuilles centrales de *Chamaerops*.

La mise en défens des parcelles oléicoles est une pratique toute récente dans notre zone d'étude. Elle a été adoptée suite à l'introduction de la culture d'olivier, il y a une quarantaine d'années. Contraints de protéger leurs jeunes plantations, une grande partie des nouveaux arboriculteurs ont abandonné leur mode de vie ancestral de pasteur. Ainsi de larges étendues de la vallée ont été interdites au pâturage, y compris les terrains mitoyens des parcelles oléicoles, puisque généralement ces plantations n'étaient pas clôturées. Assurément, la mise en défens des parcelles permet le repos et la protection de la végétation contre le broutage et le piétinement du bétail. En effet, elle a un impact positif sur la restauration écologique des écosystèmes (Abourouh, et al., 2005 ; Foudil et al., 2015 ; Floret et Pontanier, 1982 ; Maatougui et al., 2013 ; SER, 2004). Cependant, lorsque la pression de pâturage est raisonnable et bien répartie dans le temps, les animaux contribuent à la bonification des sols et augmentent la diversité végétale (Gamoun et al., 2012 ; Le Floc'h, 2001 ; Rakotoarimanana et al., 2008 ; Tarhouni et al., 2017).

Le reboisement de la forêt Beni Sohane par une espèce non autochtone telle que le *Pinus halepensis* Mill., a causé un changement considérable du paysage général de la forêt. Celle-ci constitue la principale zone arborée de notre aire d'étude. Elle a connu d'importantes dégradations depuis la fin du siècle dernier, suite à une forte pression anthropozoïque. Ainsi, des opérations de reboisement des zones dégradées ont été entreprises par les services des



## Introduction générale

Eaux et Forêts à partir des années 70. Et ce, afin de renforcer la strate arborescente, lutter contre l'érosion des sols et légitimer aussi la mise en défens des secteurs reboisés pour permettre la régénération de ces écosystèmes. Toutefois, l'impact des reboisements sur la biodiversité reste tributaire du couvert végétal sur lequel ces plantations ont été effectuées et de la nature des espèces d'arbres plantés (**Bremer et Farley, 2010**). En effet, plusieurs études ont montré que les reboisements d'espèces exotiques avaient un impact négatif sur la biodiversité (**Alrababah et al., 2007 ; Buscardo et al., 2008 ; Duffy, 2014 ; Gutierrez Flores et Becerra Osses, 2017**). Néanmoins, les plantations d'espèces exotiques pourraient contribuer positivement à enrichir la biodiversité lorsqu'elles sont réalisées sur des terres dégradées plutôt que de remplacer des écosystèmes naturels tels que des forêts, des prairies et des zones arbustives (**Bremer et Farley, 2010**). Par ailleurs, l'impact de la reforestation par des espèces exotiques sur la fertilité des sols firent et font encore l'objet de controverses, son effet dépend du type de sol et de l'âge des plantations (**Davis, 1998**).

Le projet de notre thèse s'inscrit dans le cadre de la compréhension et de l'analyse des changements qu'ont connus les écosystèmes de montagne en général dont la vallée Zloul est prise comme exemple, ainsi que de l'évaluation de leur dégradation. Certes, en plus du stress écologique permanent (stress hydrique et climatique), l'impact anthropozoïque est à l'origine de profondes transformations du paysage. Cependant, les actions humaines peuvent être nuancées entre, d'une part, des actions hostiles et destructrices vis-à-vis de ces écosystèmes (déforestation, défrichage, surpâturage, prélèvement de bois de feu....). D'autre part, des actions qui pourraient au contraire être supposées restauratrices, protectrices telles que la mise en défens des parcelles des cultures contre le bétail et le reboisement des zones dégradées de la forêt Beni Sohane.

Ainsi, nous essaierons d'analyser les effets d'actions anthropiques aussi diverses soient-elles telles que la déforestation, la mise en défens des parcelles oléicoles et la reforestation sur la biodiversité végétale. D'autres questions seront abordées telles que l'évaluation de la dégradation de la chamaeropaie, l'impact de la reforestation par le *P. halepensis* sur la fertilité du sol.

Compte tenu de ce qui précède, nous émettons les hypothèses suivantes :

- La pression anthropozoïque aurait causé une érosion importante de la biodiversité et un déséquilibre physique et biologique considérable du milieu.

## Introduction générale

- La mise en défens des parcelles d'intérêt agricole aurait permis la restauration des écosystèmes et la régénération naturelle des espèces herbacées ayant longtemps disparu.
- La reforestation par le *P. halepensis* aurait entraîné une acidification du sol et la diminution de sa fertilité.

Le site en question présente un intérêt scientifique particulier. Car à notre connaissance, il n'a jamais fait l'objet d'une évaluation scientifique de la biodiversité. Il pourrait donc s'agir d'un exemple typique d'exploration de la dynamique des écosystèmes de montagnes marocaines et de l'étude d'impact des évolutions convergentes des différentes zones notamment par reboisements sur la biodiversité végétale et sur la fertilité du sol.

Pour répondre à ces objectifs, nous avons réalisé des relevés floristiques durant trois années successives 2015, 2016 et 2017, par la méthode des transects. Etant donné que la végétation peut être considérée comme le reflet fidèle et l'expression synthétique des conditions du milieu (**Béguin et al., 1979 ; Rameau, 1988**). Par ailleurs, nous avons effectué des mesures morphométriques des parties aériennes des touffes du *C. humilis* afin d'évaluer l'état de leur dégradation. Nous avons complété notre étude en faisant recours à des analyses pédologiques pour étudier l'impact de la reforestation par le *P. halepensis* sur la fertilité du sol.

Notre étude sera conduite en quatre parties :

- La première partie sera consacrée à la présentation du milieu de notre étude à travers les aspects physique, climatique, bioclimatique et humain.
- La deuxième partie sera réservée à l'étude physiologique des principales formations végétales. Elle sera complétée par une étude floristique.
- La troisième partie concernera l'évaluation de la dégradation de la chamaeropaie par des études floristique et morphométrique.
- La quatrième partie sera dédiée à l'étude d'impact de la reforestation par le *P. halepensis* sur la biodiversité floristique et sur la fertilité du sol, en procédant par une étude pédologique.

# **PREMIERE PARTIE :**

## **Présentation de la zone d'étude**

# **CHAPITRE 1 :**

## **Milieu physique**

## **I Situation géographique**

L'aire d'étude se situe dans le Moyen Atlas septentrional, à environ 14 Km à l'est de la ville de Ribat El Kheir et 70 km au sud de la ville de Taza. C'est une région montagneuse dont la vallée étudiée relie les causses moyens atlasiques à la chaîne la plus élevée du Moyen Atlas. Elle est limitée par (Figure 1) :

- Jbel Lakraâ du côté nord-ouest ;
- Jbel Ramouz du côté sud-est ;
- Plateau de Ribat El Kheir du côté ouest ;
- Jnab Diss, Koudiat Imzirene et Jbel Semmer du côté est.

L'aire d'étude appartient à la commune territoriale d'Ighezrane. Celle est délimitée géographiquement par les communes suivantes (Figure 2) :

- Au nord : Communes de Zrarda et de Smiaa (Province de Taza).
- Au sud : Communes de Tafjight et de Dar El Hamra (Province de Sefrou).
- A l'est : Communes de Tazarine et de Bouiblane (Province de Taza) et commune de Talzemt (Province de Boulmane).
- A l'ouest : Communes d'Ain Timegunat et celle d'Oulad Mkoudou (Province de Sefrou).

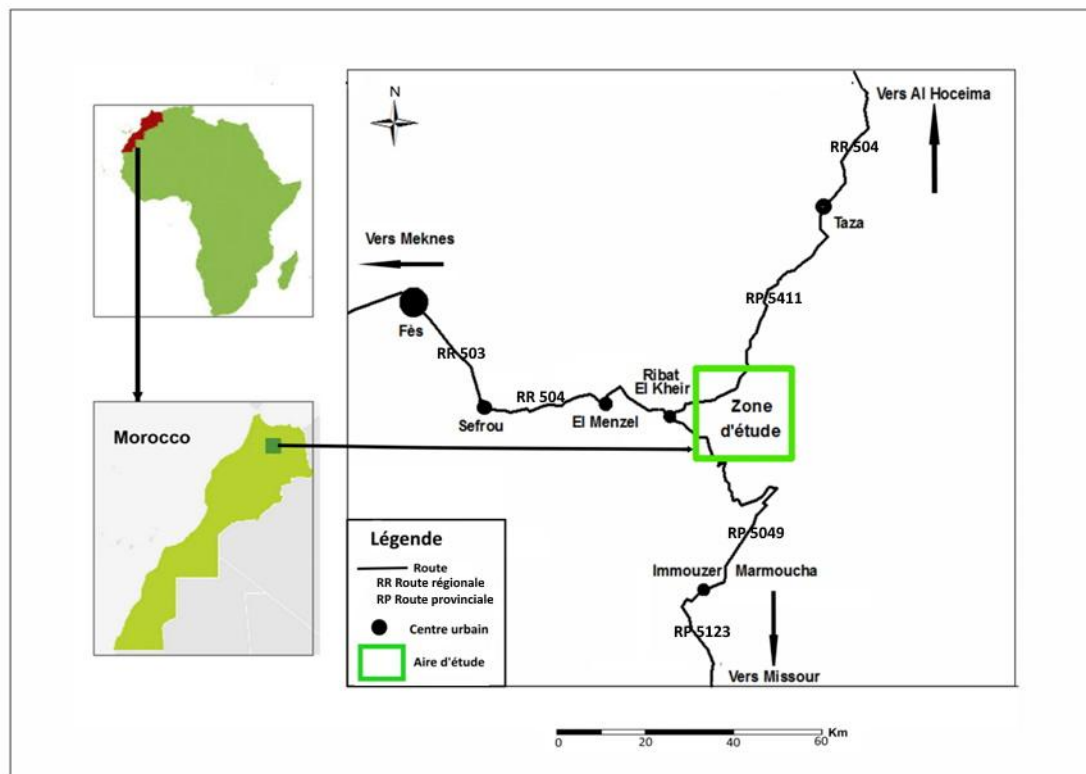
Elle est délimitée par les coordonnées géographiques suivantes :

- Au nord : Entre 4°12' et 4°21'.
- A l'ouest : Entre 33° 45' et 33°52'.

## **II Situation administrative et forestière**

D'un point de vue administratif, l'aire d'étude se situe dans le territoire de la commune territoriale d'Ighezrane, celle-ci a été créée lors du découpage administratif de 1992. Elle relève de :

- Caïdat : Ighezrane
- Cercle : El Menzel
- Province : Séfrou
- Région : Fès-Boulemane.



**Figure 1 : Carte de situation de l'aire d'étude**

D'un point de vue forestier, l'aire d'étude se situe dans le district de Beni Sohane qui est rattaché aux :

- Centre de Conservation et de Développement des Ressources Forestières (CCDRF) de Ribat El Kheir.
- Direction Provinciale des Eaux et Forêts et de la Lutte Contre la Désertification (DEFLCD) de Sefrou.
- Direction Régionale des Eaux et Forêts et de la Lutte Contre la Désertification de Fès-Boulemane (DEFLCD-FB).

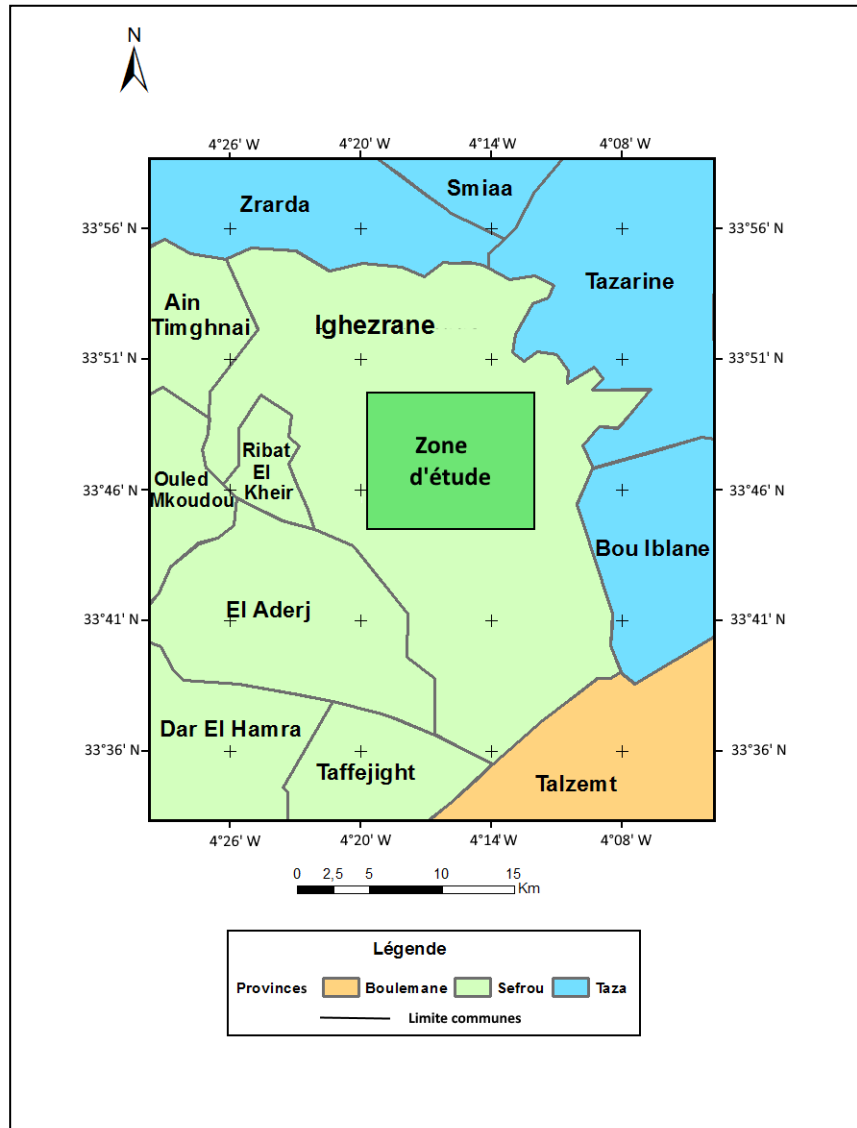


Figure 2 : Carte de découpage administratif de la zone d'étude

### III Topographie

Plusieurs variables physiques et bioclimatiques interagissent sur un milieu naturel. Parmi celles-ci, la topographie du terrain joue un rôle important dans le fonctionnement des écosystèmes montagneux. Elle peut impacter le climat, le sol et par suite la vie et le développement des végétaux.

De même, les dimensions générales et l'orientation d'une chaîne de montagnes par rapport aux vents dominants pourraient avoir un effet déterminant sur le climat à grande échelle. La pente et l'orientation sont aussi la cause de la différenciation du climat à l'échelle locale (Barry, 1992 ; Guyot, 1999).

Le relief de notre aire d'étude est généralement accidenté, surtout du côté nord. Il est caractérisé par une alternance de crêtes, de plateaux ondulés et de vallées. Il s'agit d'une zone montagneuse où l'altitude ne descend pas en dessous de 798 m d'altitude dans les bas fonds de la vallée, et s'élève jusqu'à 1621 m au sommet de jbel Lakraâ au Nord et jusqu'à 2331 m au sommet du Jbel Ramouz au Sud.

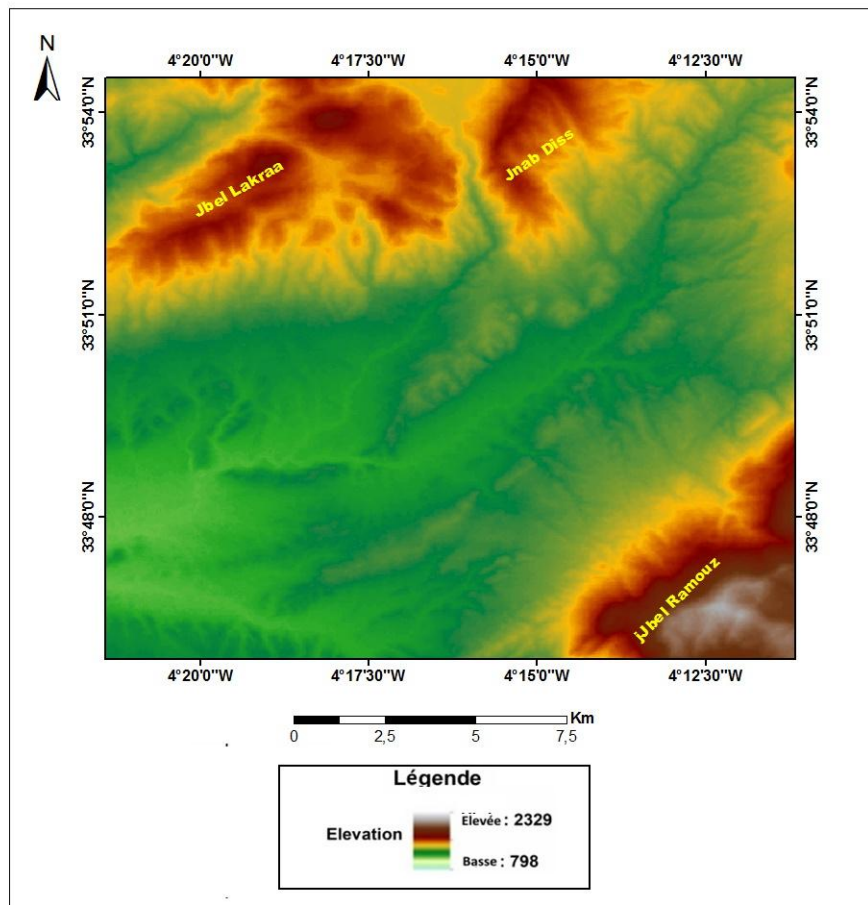


Figure 3 : Carte altimétrique de l'aire d'étude

La pente est un facteur déterminant dans l'érosion des sols, elle donne aux eaux de ruissellement l'énergie nécessaire au décapage et au transport des sédiments. Ces eaux se concentrent et creusent de petits chenaux qui peuvent se rassembler en griffes, en rigoles ou en ravines (Nouvelot, 1990).

Dans la forêt Beni Sohane, La classe des pentes supérieures à 15 % occupe environ 80% (S.E.I, 2014). Les pentes peuvent dépasser 45 % au niveau des versants de hautes montagnes. Notre zone d'étude présente des ravinements qui dépassent parfois les 4 m de



profondeur, ainsi que des endroits où la roche mère a été complètement dénudée. Outre les fortes pentes, les orages violents et la dégradation du couvert végétal représentent les principales causes de l'accentuation du phénomène de l'érosion des sols.

#### **IV Hydrographie**

La zone d'étude appartient au sous bassin versant de l'Oued Zloul qui fait partie du bassin versant du haut Sebou. Elle dispose d'un réseau hydrographique très dense, mais la majorité des cours d'eau sont temporaires et confluent tous vers l'Oued Zloul qui draine à son tour toutes les eaux des bassins versants vers l'oued Sebou.

L'oued Qaria est le principal affluent de l'oued Zloul, il draine des débits colossaux en périodes de fonte des neiges. Généralement, les deux sont permanents et représentent les principaux cours d'eau de la région. Ils drainent des quantités d'eaux importantes issues des zones montagneuses de Bou Iblane et de Zrarda qui se caractérisent par des précipitations et des écoulements d'eaux de surface importants. Le débit moyen annuel de l'oued Zloul atteint  $2.89 \text{ m}^3/\text{s}$ , soit un débit spécifique de  $4,32 \text{ l/s/km}^2$ , il représente ainsi le confluent le plus important de l'oued Sebou (**DREFLCD FB, 1997**).

Suite aux orages qui peuvent survenir durant la période estivale, plusieurs cours d'eau drainent des quantités importantes d'eau en un temps très court, ce qui peut engendrer des dégâts considérables au niveau des versants et au niveau du réseau hydrographique dont les parties basses sont comblées de cailloux et de gravats.

La zone d'étude dispose d'un nombre important de sources d'eau avec des débits plus ou moins importants. Beaucoup d'entre elles se dessèchent pendant la saison sèche. Ces sources constituent des exutoires naturels des aquifères. Elles servent à alimenter les populations environnantes et leurs bétails en eau potable ainsi que pour irriguer des cultures vivrières lorsque les débits le permettent.

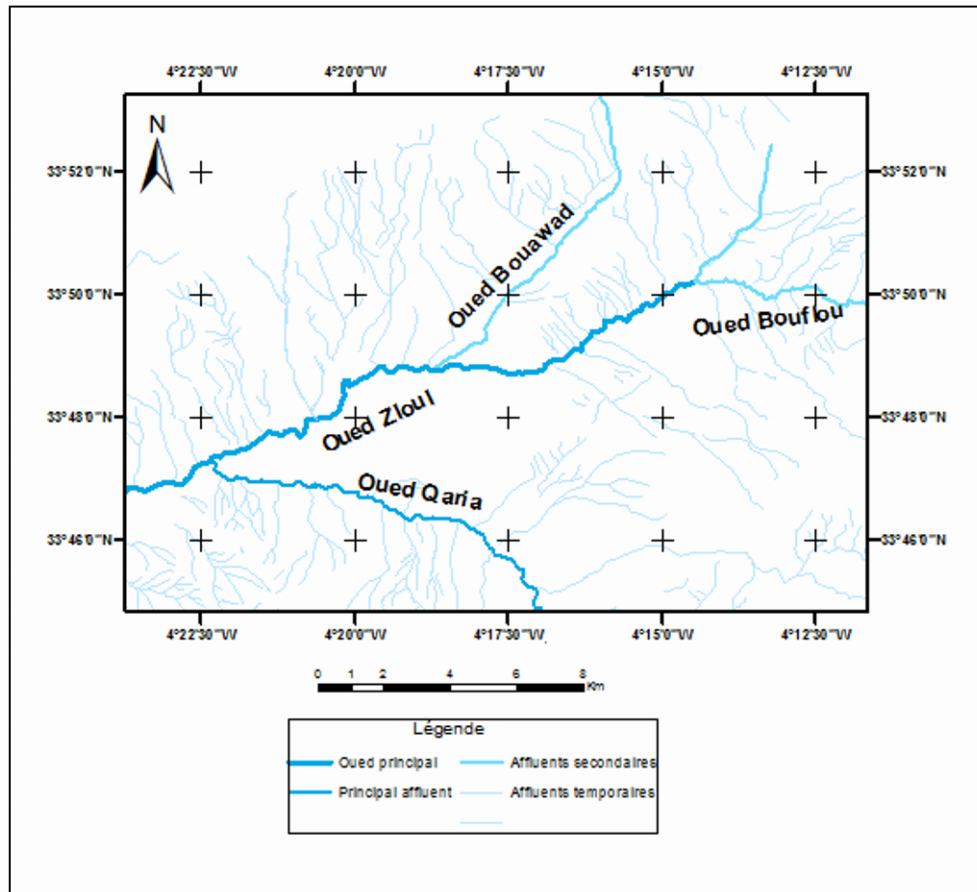


Figure 4 : Carte du réseau hydrographique de l'aire d'étude  
(DREFLCD FB, 1997)

## V Géologie et géomorphologie

Le Moyen Atlas appartient au domaine Atlasique dont les édifices montagneux et structuraux sont allongés essentiellement dans la direction nord-est sud-ouest (NE-SW). Il est subdivisé longitudinalement en deux domaines structuraux séparés par une ligne tectonique majeure appelée Accident Nord Moyen Atlasique. Au NW de cette ligne se trouve le Causse subtabulaire et au SE le Moyen Atlas proprement dit ou Moyen Atlas plissé (Colo, 1961). Transversalement, le Moyen Atlas se subdivise en trois grandes unités, il s'agit d'une subdivision plus géographique que géologique :

- Au SE, le Moyen Atlas méridional.
- Au NE, le Moyen Atlas septentrional.
- Entre les deux, le Moyen Atlas central.

La zone d'étude se situe dans la partie NW du Moyen Atlas septentrional, à l'est de la ligne tectonique majeure "Accident Nord Moyen Atlasique " qui sépare le causse moyen atlasique et le Moyen Atlas plissé, dont l'individualisation remonte au Jurassique.

Le Moyen Atlas plissé dispose d'une succession de rides étroites et de larges gouttières synclinales étendues dans la direction NE-SW. Celles-ci se succèdent sur plusieurs dizaines de kilomètres et surplombent de quelques centaines de mètres les dépressions synclinales. Trois rides anticlinales majeures appelées aussi accidents sont modelées dans les formations du Lias inférieur et moyen, orientées NE-SW (**Sabaoui et al., 2009**) :

- L'Accident Nord Moyen Atlantique "**ANMA**" :

Cette zone constitue la transition entre le causse moyen atlasique et le Moyen Atlas plissé.

Elle est soulignée par la première ride anticlinale ou ride de jbel Lakraâ qui culmine à 1621m et d'une structure à matériel dolomitique du Lias inférieur à moyen.

- L'Accident Central Moyen Atlantique "**ACMA**" :

Il affecte la deuxième ride anticlinale qui est matérialisée par Jbel Tichoukt dont l'altitude atteint 2794 m.

- L'Accident Sud Moyen Atlantique "**ASMA**" :

Il longe la troisième ride anticlinale qui est plus longue et culmine à 3172 m au niveau de la crête de Moussa OuSaleh du massif de Jbel Bou Iblane.

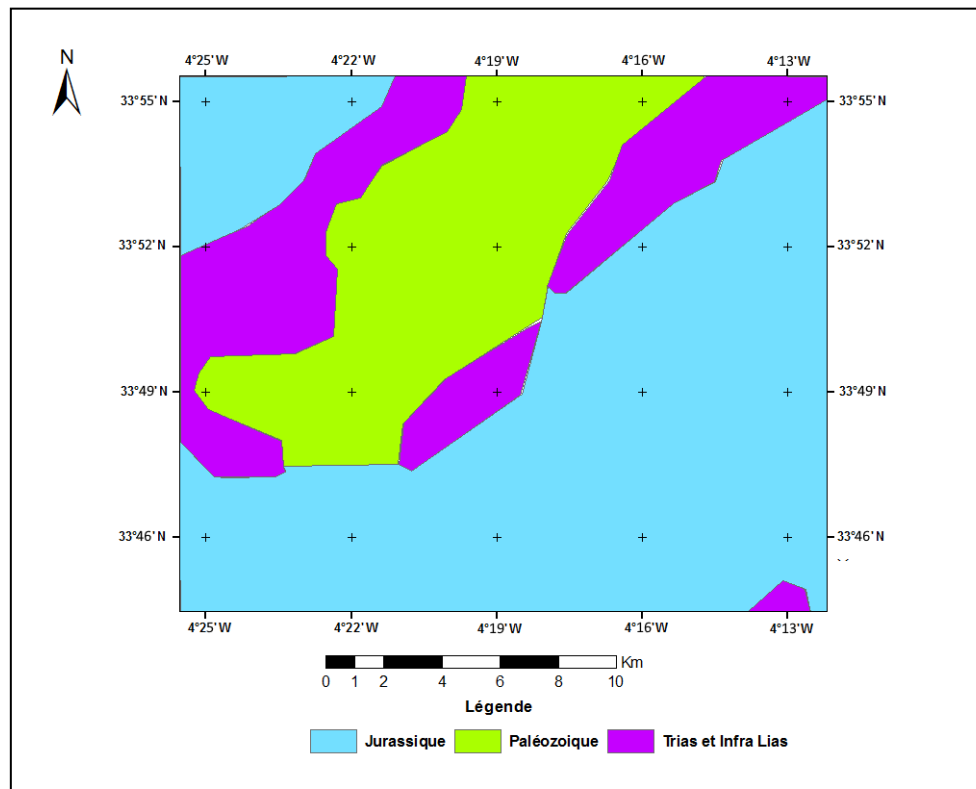
Ces rides anticlinales majeures encadrent de larges plis synclinaux à fond plat, sous forme de larges dépressions synclinales allongées dans la direction NE-SW et qui correspondent aux zones d'accumulation sédimentaire. Les terrains qui affleurent sont principalement du lias et du Dogger. Ainsi trois zones synclinales peuvent être différenciées du NW au SW :

- La zone synclinale qui s'étend de Merhraoua à Aderj où coulent les oueds de Zloul et El Qaria. Elle appartient à la première gouttière synclinale du Moyen Atlas plissé.

- La zone synclinale qui s'étend de Taffert à El Mers. Elle appartient à la deuxième gouttière synclinale.

- La zone synclinale qui s'étend de Tizi n'Tmalout à Ouazulzemt. Elle appartient à la troisième gouttière synclinale.

L'aire d'étude est délimitée par le versant sud du Jbel Lakraâ au NW et se prolonge en traversant la zone de la première gouttière synclinale vers le SE jusqu'à l'Oued El Qaria.



**Figure 5 : Carte géologique de l'aire d'étude  
(DREFLCD FB, 1997)**

Au niveau de la crête de jbel Lakraâ on trouve des formations du lias inférieur et du carixien. En descendant vers le flanc sud, on voit apparaître celles du Toarcien et du Bajocien inférieur.

La partie synclinale est encadrée par les rides I et II. Elle correspond à de larges bassins subsidents qui communiquent entre eux. Leur forme cartographique en -S- est bien marquée par les limites du Jurassique plus particulièrement du Dogger et aussi par l'allure sigmoïde des axes des synclinaux. La série sédimentaire du Jurassique moyen est plus épaisse et relativement ouverte dans les axes des synclinaux (Sabaoui, 1998).

## **VI Pédologie**

D'après l'étude d'aménagement du bassin versant à l'amont du barrage Allal El Fassi (**DREFLCD FB, 1997**) et celle d'aménagement de la forêt Beni Sohane (**S.E.I, 2014**), les principaux types de sols rencontrés sont :

### **VI.1 Sols peu évolués**

Ils appartiennent à la sous-classe des sols non climatiques dans la mesure où l'action du climat local n'a pas eu le temps de se manifester. Ce sont des sols de profil A/C ou A/R, comprenant des traces de matières organiques. Leur état peu évolué est dû soit au fait que l'apport des matériaux est récent ou que ces sols sont constamment rajeunis par l'érosion hydrique qui empêche leur évolution pédologique.

### **VI.2 Sols minéraux bruts**

Ce sont des sols qui possèdent des caractéristiques très proches de ceux de la roche mère. Ils résultent de l'érosion hydrique sur des pentes fortes sans couvert végétal qui cause un décapage des horizons superficiels. Le profil de ces sols est du type A/C ou A/R ou R et ne contiennent que des traces de matières organiques. Ils sont dominés par les lithosols qui correspondent à des affleurements rocheux aux sommets des versants et aux lits majeurs des oueds qui sont constitués de dépôts bruts d'alluvions très grossiers composés de galets, de graviers et de sables. Leurs textures sont généralement limono-argileuses. Leur distribution est limitée aux versants de pente moyenne à forte et à végétation dégradée.

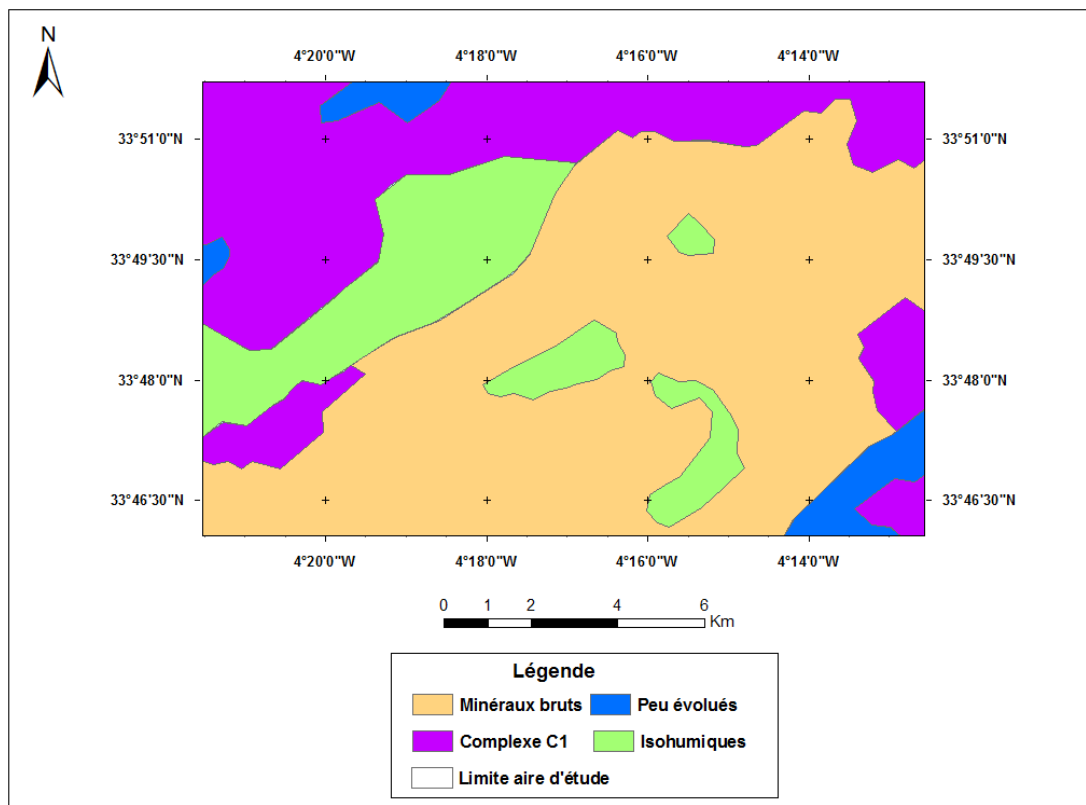
### **VI.3 Sols isohumiques**

Ce sont des sols évolués à profils moyennement ou peu différenciés du type A (B) C ou parfois ABC. Ils sont très profonds au niveau des pentes faibles, localisées essentiellement au niveau des terrasses alluviales et les dépressions karstiques. Ils sont représentés par deux groupes :

- Sols isohumiques châtaîns : ce groupe occupe les dépressions karstiques ou tectoniques.
- Sols isohumiques bruns : ce groupe se développe sur des alluvions de texture argileuse et sur des niveaux de terrasses quaternaires récentes.

#### VI.4 Sols complexes

Ces sols correspondent aux zones de la forêt Beni Sohane et des parcours. La roche mère correspond essentiellement aux dolomies et aux calcaires du Lias. En dehors de la végétation forestière qui contribue à la formation de rendzines humifères, les autres sols sont des sols peu évolués d'érosion associés à certains sols rouges fersialitiques au niveau des versants de Jbel Lakraâ et Jbel Ramouz.



## **CHAPITRE 2 :**

## **Climat et bioclimat**

## **I Climat**

### **I.1 Introduction**

Le climat a un impact déterminant sur la structure, le fonctionnement et l'évolution des écosystèmes. Il conditionne le cycle biologique des espèces végétales et par suite leur répartition dans le temps et dans l'espace. La végétation potentielle d'un endroit donné dépend essentiellement des conditions climatiques et édaphiques.

L'aire d'étude fait partie du climat méditerranéen, caractérisé par un été chaud et sec, et un hiver froid et humide. Tous les climatologues admettent que le trait fondamental du climat méditerranéen, est la sécheresse estivale (**Emberger, 1943**). La végétation est ainsi exposée à un stress hydrique de durée variable pendant la période sèche et chaude (**Quézel et Médail, 2003 ; Le Houerou, 2004**).

L'objectif de cette étude est de caractériser les conditions climatiques et bioclimatiques qui conditionnent le développement de la végétation dans la vallée Zloul. Elle comportera l'historique de l'évolution de variables climatiques à savoir les précipitations, les températures, les écarts et les amplitudes thermiques, l'indice de continentalité et la synthèse bioclimatique.

Le climat est un facteur déterminant et incontournable pour toute étude du milieu ou de la végétation. Il est exprimé par un ensemble de phénomènes météorologiques tels que les températures, les précipitations, la pression atmosphérique et les vents. L'étude climatique nécessite d'une part des données complètes des principaux paramètres pendant une durée assez longue pour mieux rendre compte des variations interannuelles. D'autre part, ces données devraient être issues de stations météorologiques représentatives, qui reflètent la réalité des conditions de l'aire d'étude.

### **I.2 Choix des stations météorologiques**

Le choix des stations météorologiques a porté en premier lieu sur la station Beni Sohane qui se trouve dans la zone d'étude. Toutefois, celle-ci n'a été créée qu'en 2000 et ne dispose que de données pluviométriques enregistrées sur une durée relativement courte. Raison pour laquelle, nous avons élargi notre choix aux stations météorologiques les plus proches (Ribat El Kheir, Taffert, Aderj et SidiYahia) pour disposer de données de précipitations suffisamment complètes pouvant nous aider à mieux caractériser le climat et le bioclimat de notre aire d'étude.



Concernant les données thermiques, seules les stations de Ribat El Khair et d'El Aderj en disposent. Nous avons donc jugé utile d'exploiter les données de la station d'El Menzel située non loin de la région étudiée à environ 28 Km du côté ouest, et ce pour caractériser le régime thermique de l'aire de l'étude. Il est à noter que la moitié nord de la vallée est encaissée et fortement exposée au soleil, et ne renferme d'aucune station météorologique. Le tableau 1 résume les caractéristiques des stations météorologiques choisies :

**Tableau 1: Caractéristiques des stations météorologiques de référence**

Stations	Coordonnées Lambert (km)		Altitude (m)	Périodes d'observations	
	Longitude	Latitude		Précipitations	Températures
Beni Sohane (*)	607 200	355 800	1113	2000-2018	-
Taffert (**)	607 800	340 500	1430	2000-2018	-
Sidi Yahia (**)	590 500	344 500	1150	2000-2018	-
Ribat El kheir (***)	591 200	358 800	1145	1990- 2018	1990-2009
El Aderj (**)	588 500	336 500	980	1961-2015	1998-2008
El Menzel (**)	578 659	359 081	809	-	1998-2008

**Sources :**

(\*) Centre de Conservation et de Développement des Ressources Forestières de Ribat El Kheir (CCDRF- REK).

(\*\*) Direction des Eaux et Forêts et de Lutte Contre la Désertification de Fès Boulmane (DEFLCD-FB). Etudes d'aménagement des forêts d'El Aderj, Taffert et Beni Sohane.

(\*\*\*) Centre de Conseil Agricole (CCA) de Ribat El Kheir.

### I.3 Précipitations

Les précipitations désignent l'eau atmosphérique tombée sous forme liquide ou solide selon sa composition et sa température (Byers, 1965). En météorologie, la pluie représente la quantité totale de cette eau tombée au niveau d'unité de surface horizontale et au cours d'intervalles de temps déterminés (Queney, 1974). Il s'agit de la hauteur de la pellicule d'eau qui recouvrirait une surface horizontale (Leroy, 2002). Dans les zones montagneuses, les

précipitations dépendent en grande partie de l'orientation des chaînes de montagnes et de la direction des vents dominants porteurs d'humidité (**Delannoy et Lecompte, 1980**).

Au Maroc, la pluviométrie représente le paramètre climatique le plus mesuré dans les stations météorologiques. Ceci est dû d'une part, à la simplicité du matériel et des manipulations de sa mesure. D'autre part, la pluie revêt une importance extrême dans un climat marocain caractérisé par son insuffisance et son irrégularité très prononcée dans le temps et dans l'espace. Il serait donc nécessaire d'analyser aussi bien la répartition spatiale des précipitations ainsi que leurs variations temporelles. Etant donné, que la vie et le développement des plantes ainsi que leur cycle phénologique dépendent à la fois du cumul des précipitations et de leur distribution spatiotemporelle (**Alexandre et al., 1998**). Les données pluviométriques ont été prélevées au niveau de cinq stations météorologiques proches du secteur étudié (Tableau 1).

### **I. 3. 1 Répartition spatiale de la pluviométrie**

Les quantités de pluies annuelles moyennes enregistrées dans les 5 stations varient considérablement, elles atteignent 642 mm dans la station de Taffert, située dans une zone montagneuse relativement plus élevée à 1430 m d'altitude, et diminuent presque de moitié jusqu'à 320 mm dans la station d'El Aderj la moins élevée des 5 stations. En effet, les précipitations augmentent avec l'altitude suite au refroidissement de l'air. Lorsque la température de l'air diminue, l'humidité relative augmente et la vapeur d'eau doit éventuellement se condenser en gouttelettes pour tomber sous l'effet de la gravité (**Smith, 2006**). Tandis que pour les 3 stations Ribat El Kheir, Beni Sohane et Sidi Yahia sises à des altitudes voisines entre 1113m à 1150m, la pluviométrie varie très peu et oscille entre 548 mm pour la station de Beni Sohane, 565 mm pour la station de Ribat El Khair et 569 mm pour la station de Sidi Yahia, soit une pluviométrie moyenne de 561 mm pour les 3 stations, et qui pourra être retenue comme valeur moyenne de l'aire de l'étude (Figure 7).

Outre le gradient altitudinal, l'exposition joue aussi un rôle déterminant dans la répartition spatiale des pluies, les versants bien exposés aux vents pluvieux sont les plus arrosés (**Brunsdon et al., 2001; Smith, 2006**). Mais, généralement la majorité des stations météorologiques en montagne sont situées dans les vallées et rarement disponibles sur les versants ou à proximité des crêtes (**Sevruk, 1997**). Dans le cas de notre région d'étude, ce sont les versants exposés au nord-ouest qui enregistrent les quantités de pluies les plus importantes.

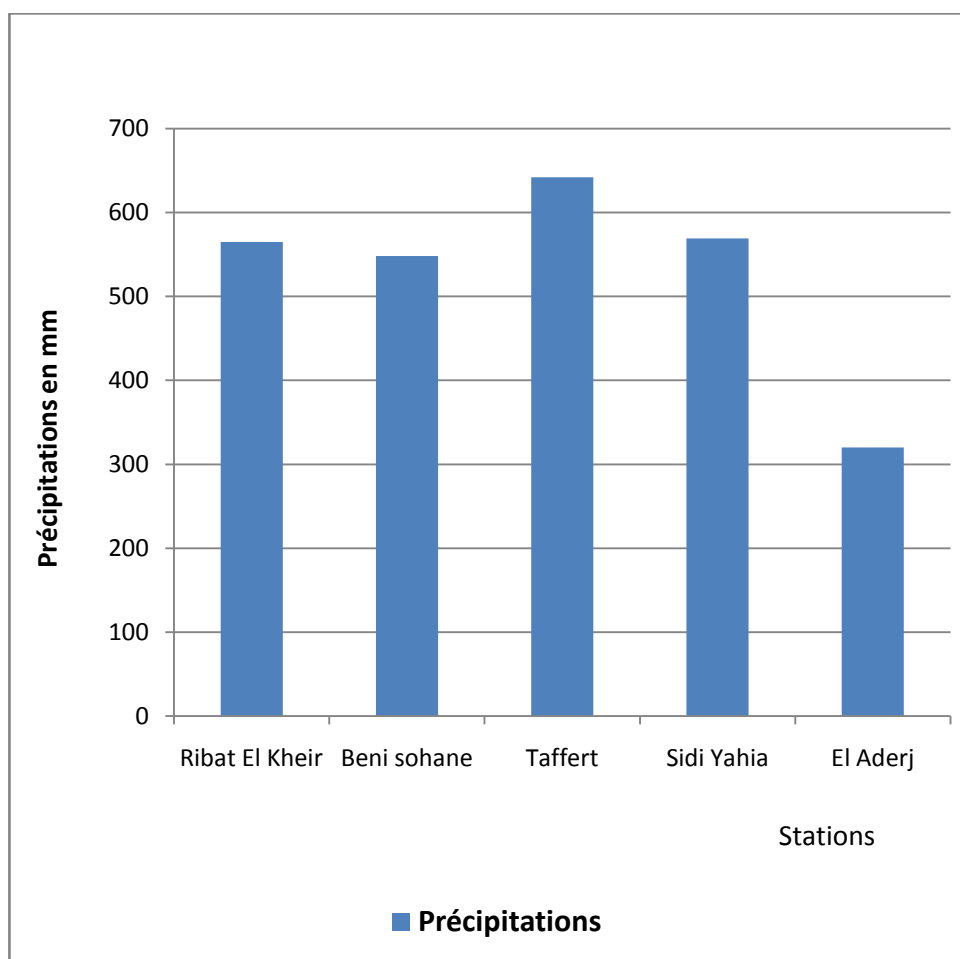


Figure 7: Diagramme de pluviométrie moyenne annuelle

**Sources :**

- Direction des Eaux et Forêts et de Lutte Contre la Désertification de Fès Boulmane (REFLCD- FB).
- Centre de Conservation et de Développement des Ressources Forestières de Ribat El Kheir (CCDRF- REK).
- Centre de Conseil Agricole (CCA) de Ribat El Kheir.

### I. 3. 2 Variations temporelles de la pluviométrie

#### I.3.2.1 Variations interannuelles de la pluviométrie

L'analyse des volumes de précipitations enregistrées par les 5 stations météorologiques de référence durant la période 1991-2017 montre de fortes fluctuations (Figure 8). Pour la période 1991- 2000, seules les données pluviométriques de la station de

Ribat El Kheir sont disponibles. La valeur minimale de 299 mm a été enregistrée en 1998, et la valeur maximale de 978 mm en 1996. De même, le volume moyen des précipitations enregistrées durant la période 2001-2017 par les cinq stations de référence Ribat El Kheir, Beni Sohane, Taffert, Aderj et Sidi yahya ont fortement fluctué entre 201mm en 2017 et 767 mm en 2008.

La figure 8 montre aussi une alternance de cycles d'années pluvieuses et d'années sèches sans distribution régulière. Ainsi les cycles secs peuvent durer 2 à 4 années consécutives. Tandis que les cycles pluvieux peuvent durer 2 à 7 années.

La pluviométrie moyenne annuelle donne une idée générale sur le volume total des pluies enregistrées, mais ne reflète pas les variations pluviométriques au cours de l'année qui pourraient déterminer le régime pluviométrique régional ou local. Généralement, elle est complétée par les régimes mensuels et saisonniers des précipitations ainsi que par le nombre de jours de pluie (**Nahal, 1981**). Ce dernier est plus significatif que le total annuel des précipitations. L'espacement et la régularité du nombre de jours pluvieux sont encore meilleurs pour appréhender les effets positifs des pluies.

### **I.3.2.2 Variations mensuelles de la pluviométrie**

L'examen du tableau 2 et de la figure 9 montre que la saison pluvieuse s'étend du mois d'octobre jusqu'au mois de mai, à partir duquel les chutes de pluies diminuent considérablement. La pluviométrie atteint son maximum pendant le mois de janvier pour les stations de Taffert (116 mm) et Ribat El Kheir (79 mm), le mois de décembre pour la station de Sidi Yahia (104 mm) et le mois de novembre pour les stations de Beni Sohane (89 mm) et El Aderj (49 mm).

Les mois de juillet et d'août restent les moins arrosés, et la pluviométrie ne dépasse guère en moyenne 7 mm pour les 5 stations. Généralement les pluies tombent pendant cette période estivale sous forme d'averses orageuses intenses et de courtes durées. Il en résulte parfois des inondations violentes qui peuvent causer des dégâts considérables, surtout au niveau de l'érosion des sols.

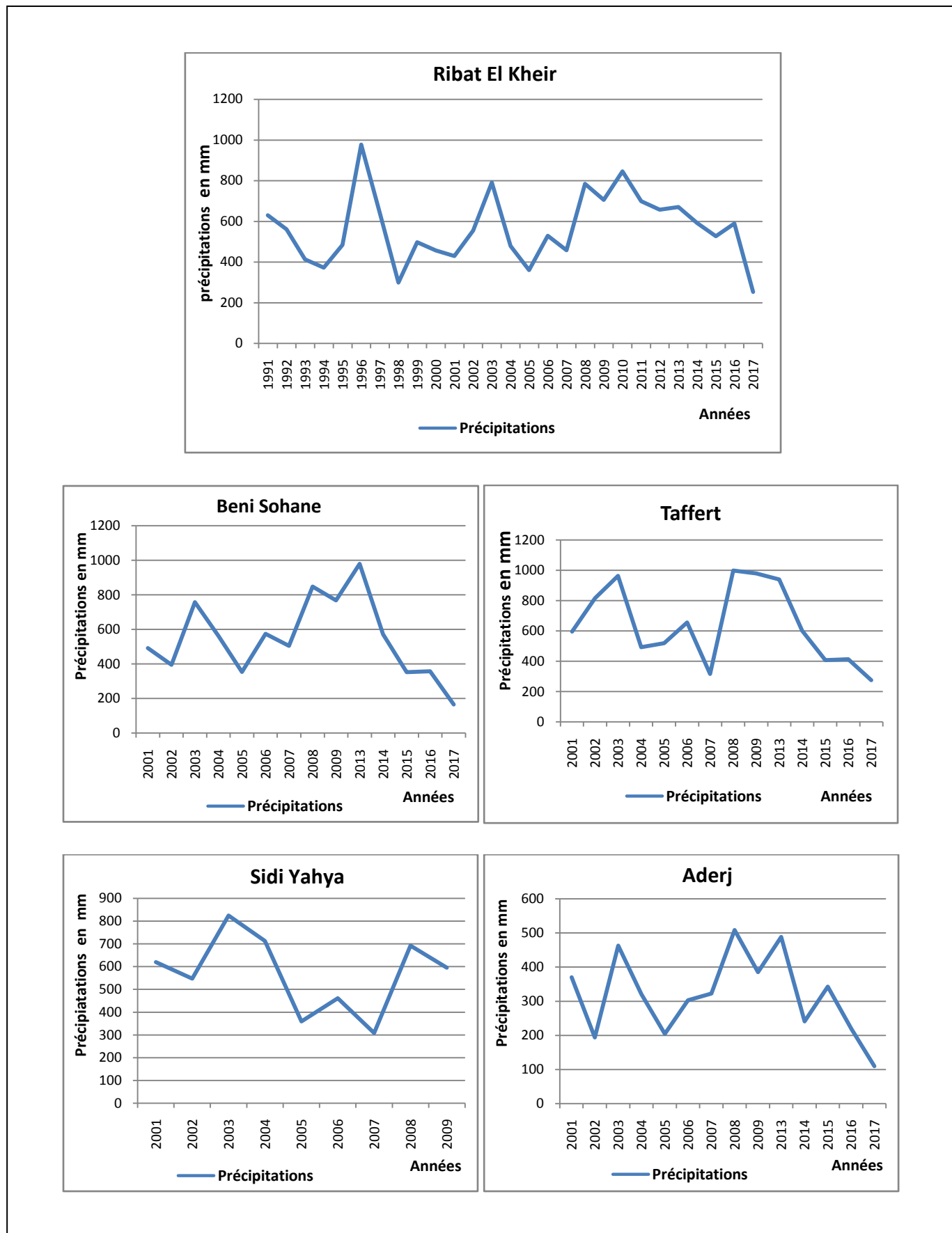


Figure 8 : Variations interannuelles de la pluviométrie au niveau des 5 stations de référence

Tableau 2 : Variations mensuelles de la pluviométrie des 5 stations de référence

Stations	Janv	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec
Ribat el kheir (*)	79	70	73	58	40	15	1	6	25	57	78	73
Beni Sohane (**)	67	65	62	59	39	8	2	2	23	66	89	83
Taffert (***)	116	95	94	68	47	10	5	4	26	75	105	103
Sidi Yahia (***)	53	69	49	56	27	5	1	4	20	94	88	104
El Aderj (***)	37	34	41	30	22	9	3	7	19	46	49	32

**Sources :**

(\*) Centre de Conseil Agricole (CCA) de Ribat El Kheir.

(\*\*) Centre de Conservation et de Développement des Ressources Forestières de Ribat El Kheir (CCDRF- REK).

(\*\*\*) Direction des Eaux et Forêts et de Lutte Contre la Désertification de Fès Boulmane (REFLCD- FB). Etudes d'aménagement des forêts d'El Aderj, Taffert et Beni Sohane.

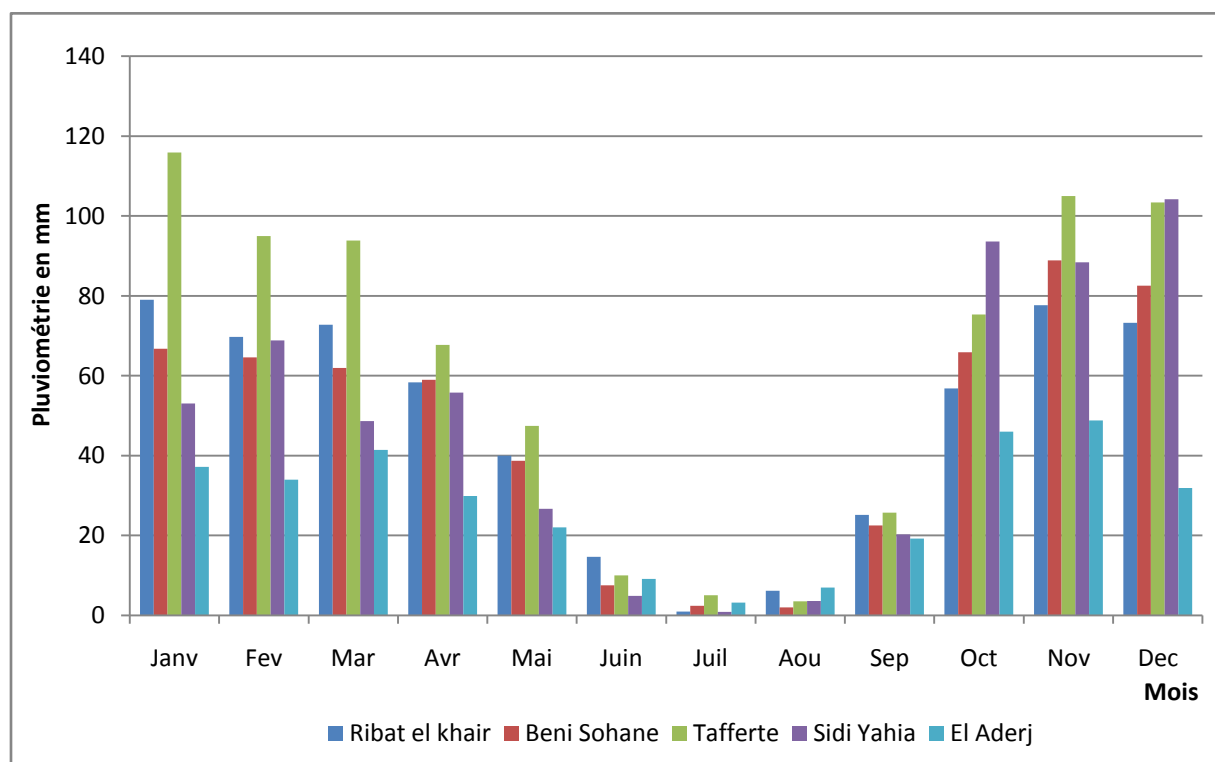


Figure 9 : Evolution de la pluviométrie mensuelle au niveau des 5 stations de référence

**I.3.2.3 Variations saisonnières des précipitations**

La pluviométrie d'une région donnée peut aussi être caractérisée par sa variation saisonnière, la manière dont la pluie est répartie en fonction des saisons. Le régime saisonnier des pluies a un impact considérable sur le cycle biologique des végétaux. Il peut être exprimé par le coefficient d'Angöt (C.A) selon la relation suivante (Angöt, 1907) :

$$C.A = \frac{P_s}{P} \times K$$

C.A : Coefficient d'Angöt.

K : Coefficient correctif (il permet de corriger le nombre de jours pour chaque saison).

P : Pluviométrie moyenne saisonnière en mm.

P<sub>s</sub> : Pluviométrie moyenne annuelle en mm.

Le Coefficient correctif K des 4 saisons est calculé comme suit :

- Hiver (H) :  $K = \frac{1000}{247}$

- Printemps (P) et Eté (E) :  $K = \frac{1000}{252}$

- Automne (A) :  $K = \frac{1000}{249}$

L'examen du volume des précipitations saisonnières et des valeurs du coefficient d'Angöt (tableau 3) montre que l'hiver reste la saison qui enregistre le maximum de pluie. A l'exception de la station d'El Aderj la plus méridionale et la moins arrosée de toutes les stations, pour laquelle l'automne est la saison la plus pluvieuse. Le maximum secondaire est enregistré pendant le printemps pour les stations de Taffert et Ribat El Kheir, et pendant l'automne pour les stations de Beni Sohane et Sidi Yahia. La saison estivale reste la saison la plus sèche pour les 5 stations, ce qui confirme le caractère méditerranéen du climat (**Daget, 1977a**). Ainsi, le régime pluviométrique saisonnier des stations Beni Sohane et Sidi Yahia peut être qualifié comme type HAPE, les stations de Ribat El Kheir et Taffert comme type HPAE, et la station D'El Aderj comme type AHPE (Figures 10).

**Tableau 3 : Régime pluviométrique selon le coefficient d'Angöt**

Stations	Précipitations saisonnières en mm				Coefficient d'Angöt				Régime pluviométrique
	H	P	E	A	H	P	E	A	
Ribat el kheir	222	171	22	160	1,59	1,20	0,15	1,13	HPAE
Beni Sohane	214	160	12	177	1,58	1,16	0,09	1,30	HAPE
Taffert	314	209	19	206	1,98	1,292	0,11	1,289	HPAE
Sidi Yahia	226	131	9	202	1,61	0,91	0,07	1,43	HAPE
El Aderj	103	93	19	114	1,30	1,16	0,24	1,43	AHPE

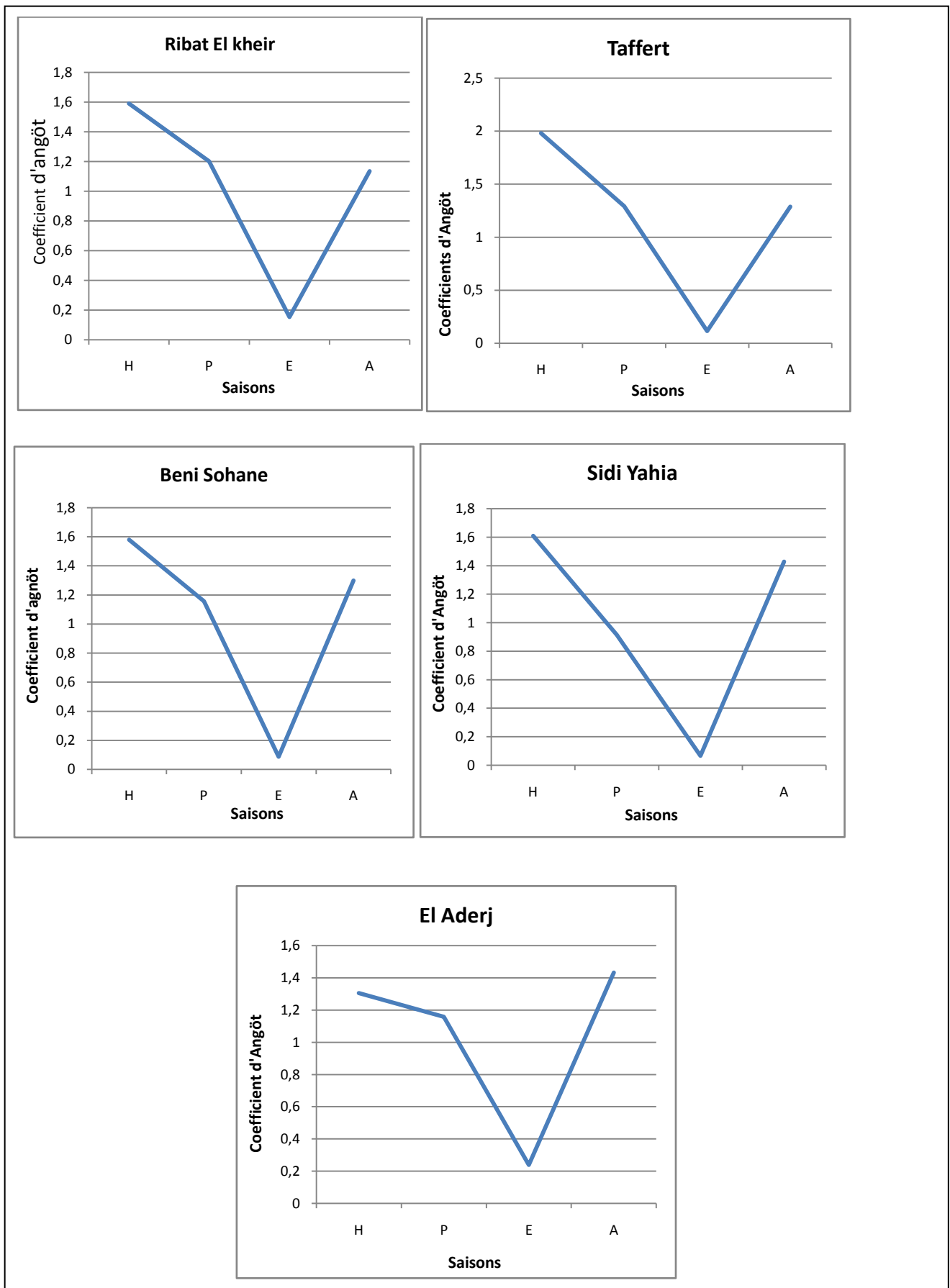


Figure 10 : Régimes pluviométriques saisonniers des stations météorologiques



## **I.4 Températures**

La température est un facteur aussi déterminant que la pluviométrie dans la répartition spatiale des végétaux et leur développement. Elle est considérée comme un des principaux facteurs écologiques limitant (**Ramade, 2009**). Elle contrôle l'ensemble des phénomènes métaboliques dont dépend l'existence de la totalité des êtres vivants (**Lacoste et Salanon, 2001**) et conditionne aussi l'évolution des sols (**Martínez, 1980**). Contrairement à la pluviométrie, les critères thermiques sont relativement plus constants dans le temps et plus significatifs, ils sont très utiles dans l'interprétation des relations climat-végétation (**Martínez, 1980**). Divers critères thermiques peuvent être utilisés pour caractériser le climat d'une région. En plus de la température moyenne annuelle qui reste une donnée peu significative, l'étude des températures extrêmes est primordiale, car elles représentent des seuils au delà desquels la croissance des végétaux est arrêtée ou même leur existence est compromise.

Hormis les stations de Ribat El Kheir et d'El Aderj, les 3 autres stations de référence citées précédemment ne disposent pas de données relatives aux températures. A cet effet, la station d'El Menzel située non loin de la région étudiée a été utilisée aussi comme station de référence pour caractériser le régime thermique de l'aire de l'étude.

### **I. 4. 1 Températures moyennes annuelles et mensuelles**

Il ressort du tableau 4 que La température moyenne annuelle oscille entre 15.54 °C pour la station de Ribat El Kheir et 15.90 °C pour la station d'El Menzel, et s'élève à 18.33 °C pour la station d'El Aderj la plus méridionale. En effet, la température varie en fonction de la latitude, l'altitude et la continentalité (**Le Houérouet al., 1986**).

Les températures les plus élevées sont enregistrées pendant les mois de juillet et août. Elles atteignent respectivement en moyenne 31.20 °C, 35.46 °C et 41 °C pour les stations d'El Menzel, de Ribat El Kheir et d'El Aderj. Tandis que Les moyennes annuelles des maxima s'atténuent respectivement à 21.66 °C, 21.98 °C et 25.25 °C. Les températures diminuent en hiver jusqu'à atteindre un minimum de 1.82 °C durant le mois de janvier pour la station de Ribat El Khair, 2.00 °C pour la station d'El Aderj et 6.80 °C pour El Menzel.

**Rivas-Martínez (1994)** a utilisé la température moyenne annuelle  $T$  °C pour classer les climats de la terre en 3 groupes thermiques subdivisés eux aussi en 8 types thermiques. Selon cette classification, les climats des stations d'El Menzel et Ribat El Kheir peuvent être classés comme tempérés frais, et la station d'El Aderj comme tempéré chaud (Tableau 5).

Tableau 4 : Tableau synthétique des températures

Stations		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moyenne annuelle
Ribat El Kheir (*)	Max	12,6	14,6	17,1	18,8	23,2	29,2	35,5	33,9	27,7	21,9	16,2	13,2	22,0
	Min	1,8	3,2	5,5	6,4	9,8	13,5	19,2	18,3	13,2	9,6	5,4	3,0	9,1
	Moy	7,2	8,9	11,3	12,6	16,5	21,4	27,4	26,1	20,4	15,8	10,8	8,1	15,5
El Aderj (**)	Max	12,0	16,0	20,0	25,0	30,0	34,0	39,0	41,0	30,0	28,0	16,0	12,0	25,3
	Min	2,0	4,0	8,0	12,0	15,0	18,0	20,0	20,0	15,0	10,0	7,0	6,0	11,4
	Moy	7,0	10,0	14,0	18,5	22,5	26,0	29,5	30,5	22,5	19,0	11,5	9,0	18,3
El Menzel (**)	Max	14,1	15,4	15,9	17,7	18,8	25,3	30,1	31,2	27,1	28,3	18,8	17,2	21,7
	Min	6,8	7,7	7,3	8,3	9,5	12,8	14,5	14,9	13,6	10,0	11,1	6,1	10,2
	Moy	10,4	11,5	11,6	13,0	14,1	19,0	22,3	23,0	20,3	19,1	14,9	11,6	15,9

Sources :

(\*) Centre de Conseil Agricole (CCA) de Ribat El Kheir. Période d'observation 1980-2009.

(\*\*) Direction des Eaux et Forêts et de Lutte Contre la Désertification de Fès Boulmane (DEFLCD-FB). Etudes d'aménagement des forêts d'El Aderj. Période d'observation 1998-2008.

Tableau 5 : Classement de types thermiques des stations de référence en fonction de la température moyenne annuelle (Rivas-Martínez, 1996)

Groupe thermique	Type thermique	Valeur T °C	Affectation des stations
Chaud	Très chaud	> 26	-
	Chaud	21 à 26	-
	Tempéré chaud	16 à 21	El Aderj
Tempéré	Tempéré-Frais	10 à 16	El Menzel Ribat El Khair
	Tempéré-Froid	4 à 10	-
	Froid	-2 à 4	-
Froid	Très froid	-18 à -2	-
	Extrêmement froid	< -18	-

#### **I. 4. 2 Gradients thermiques altitudinaux**

D'une manière générale, la température diminue avec l'altitude. Ceci peut être expliqué par le fait que la diminution et la raréfaction de l'air avec l'altitude limite l'absorption des radiations solaires (**Thouret, 1984**). Il est admis qu'un gradient thermique moyen d'environ 0,55 °C pour 100 mètres d'élévation (**Guyot, 1999 ; Alexandre, 2003**). Par ailleurs, ce gradient altitudinal varie aussi en fonction des saisons. La décroissance de la température avec l'altitude est plus rapide en été qu'en hiver. Les températures maximales diminuent rapidement en montant en altitude, suite à un refroidissement rapide de l'air (**M'hirit, 1982 ; Meddour, 1994 ; Thouret, 1984**).

#### **I.5 Vents**

Les vents exercent sur la végétation en place une influence considérable par leur fréquence, leur intensité, leur vitesse, leur température et leur degré hygrométrique. Cependant ces paramètres ne sont pas mesurés dans nos stations de référence.

Il convient de signaler que durant une grande partie de l'année, les vents dominants dans la région de notre zone d'étude sont :

- les vents de l'Ouest :

Ils sont plus fréquents surtout pendant l'hiver et le printemps. Ce sont des vents froids et humides et peu violents, ils sont à l'origine des précipitations, ce qui permet d'atténuer les amplitudes thermiques et d'augmenter l'humidité de l'air.

- Les vents d'Est et du Sud-Est :

Ce sont des vents continentaux chauds et secs connus sous le nom de "Chergui" qui surviennent surtout pendant l'été. Ils ont une action desséchante sur les sols et les plantes suite à l'augmentation de l'évapotranspiration. Ce qui peut entraîner un stress hydrique des plantes, et même pourrait causer leur mortalité en cas de très longue période d'exposition.

#### **I.6 Enneigement**

Les stations de référence de notre zone d'étude ne disposent pas de données concernant l'enneigement. Généralement, les chutes de neige surviennent pendant les mois d'hiver et parfois des chutes tardives peuvent survenir pendant le printemps. La neige tombe dans la région à partir 1000 m d'altitude. Les chutes de neige sont plus importantes au niveau du sommet de Jbel Ramouz qui culmine à 2331 m et qui représente l'altitude la plus élevée de

notre aire d'étude. Elles sont encore plus importantes pendant une grande partie de l'année au niveau du massif de Bou Iblane qui surplombe la région et culmine à 3192 m.

## **II Bioclimat**

### **II.1 Introduction**

Le climat est le résultat d'effets combinés de divers facteurs climatiques, étant donné qu'en réalité ces facteurs n'agissent pas indépendamment les uns des autres. Généralement les précipitations et les températures sont les indices climatiques les plus couramment utilisés pour caractériser le bioclimat d'un territoire donné. En combinant ces deux paramètres nous développerons successivement :

- L'indice de sécheresse estivale (S).
- L'amplitude thermique (continentalité).
- Le climagramme pluviothermique et les étages bioclimatiques.
- Le diagramme ombrothermique.
- L'indice de Martonne.

### **II.2 Indice de sécheresse estivale (Indice xérothermique d'Emberger)**

La sécheresse estivale est un trait fondamental des climats méditerranéens, elle peut être définie par l'indice de sécheresse estivale S qui permet de séparer les climats méditerranéens des climats océaniques (**Emberger, 1943**). Il est exprimé comme suit :

$$S = \frac{PE}{M}$$

S : Indice de sécheresse estivale.

PE : Total des précipitations des 3 mois d'été.

M : Moyenne des températures maximales du mois le plus chaud.

Un climat méditerranéen peut être caractérisé par un régime de pluies qui présente un minimum estival et une valeur de l'indice S inférieure à 5 (**Daget, 1977a**). Soit un rapport qui rend compte de l'intensité de la sécheresse et de la chaleur estivale. La méditerranéité des stations de référence de notre zone étude peut être mise en évidence par un indice S compris entre 0.46 et 0.77 (Tableau 6).

**Tableau 6 : Indice de sécheresse des stations de référence selon l'échelle proposée par Daget (1977a)**

Indice	0		5		7	
Eté	Sec		Sub Sec		Non sec	
Climat	Méditerranéen		Sub Méditerranéen		Non Méditerranéen	
	Stations	S	Stations	S	Stations	S
	Ribat El Kheir	0.62				
	El Menzel	0.77	-	-	-	-
	El Aderj	0.46				

### II.3 Amplitude thermique

L'amplitude thermique a été utilisée par **Debrach (1953)** pour classer les climats en fonction de leur continentalité. Elle exprime l'écart entre la température moyenne des maxima du mois le plus chaud (M) et la température moyenne des minima du mois le plus froid (m). Il existe une corrélation positive entre l'amplitude thermique et la continentalité, plus celle-ci est grande, plus les végétaux sont contraints à surmonter des conditions plus extrêmes et plus difficiles.

Les températures extrêmes ont été utilisées aussi par Debrach pour différencier des sous climats en utilisant la formule  $M+m/2$ . En fonction de l'amplitude thermique, 5 types et 4 sous types de climats ont été distingués (Tableau 7) :

**Tableau 7 : Classification des climats par Debrach**

Amplitude thermique (M-m)	Degré de Continentalité	$\frac{M + m}{2}$	Type de Climat
$M-m < 15\text{ °C}$	Climat insulaire	$M+m / 2 < 10\text{ °C}$	Très froid
$15\text{ °C} < M-m < 25\text{ °C}$	Climat littoral	$10\text{ °C} < M+m / 2 < 15\text{ °C}$	Froid
$25\text{ °C} < M-m < 35\text{ °C}$	Climat semi-continental	$15\text{ °C} < M+m / 2 < 20\text{ °C}$	Modéré
$M-m > 35\text{ °C}$	Climat continental	$M+m / 2 > 20\text{ °C}$	Chaud

Le tableau 8 illustre un degré de continentalité plus accentué du climat de la station d'El Aderj qui peut être classé comme continental chaud. Quant aux climats des stations de Ribat El Kheir et d'El Menzel, leurs écarts thermiques sont relativement atténués, ils peuvent être qualifiés de semi continental modéré.

**Tableau 8 : Amplitudes thermiques des stations de référence**

Stations	M-m	M+m / 2	Type de climat
Ribat El Khair	33.62	18.65	Semi continental modéré
El Menzel	24.4	19	Semi continental modéré
El Aderj	39	21.5	Continental chaud

#### II.4 Quotient pluviothermique d'Emberger

Le quotient pluviothermique d'Emberger est l'indice le plus utilisé pour caractériser les bioclimats méditerranéens. Il a pour objectif de mettre en évidence la sécheresse globale d'une station à travers des valeurs moyennes annuelles de précipitations et de températures (Daget, 1977b). Il met en rapport les précipitations annuelles (P) qui sont le moyen le plus simple pour caractériser la sécheresse et les moyennes des températures extrêmes qui sont les deux pôles thermiques entre lesquels la vie végétale existe. Il est inversement proportionnel à l'aridité (Floret et Pontanier, 1984).

La formule originelle du quotient pluviothermique d'Emberger (Emberger, 1930) est la suivante :

$$Q = \frac{100P}{\left(\frac{M+m}{2}\right)(M-m)}$$

- Q: Quotient pluviothermique.
- P : Moyenne annuelle des précipitations en millimètre.
- M : Moyenne des températures maximales du mois le plus chaud en degré Celsius.
- m : Moyenne des températures minimales du mois le plus froid en degré Celsius.
- (M-m) : Amplitude thermique.
- $\left(\frac{M+m}{2}\right)$  : Moyenne des températures extrêmes.

La formule la plus utilisée est obtenue après simplification et où les températures sont exprimées en Kelvins ( $T^{\circ}K = 273.2 + T^{\circ}C$ ), elle s'écrit :

$$Q2 = \frac{2000P}{M^2 - m^2}$$

Emberger a identifié différents types de bioclimats dans la région méditerranéenne, qu'il a aussi appelé étages bioclimatiques, définis à la fois par des critères climatiques et par la structure de la végétation observée. Ainsi des limites ont été tracées entre différents bioclimats méditerranéens, là où le changement de la végétation a été observé.

Chaque station peut être caractérisée par un quotient pluviothermique donné, or il a été observé que la végétation peut changer au niveau de deux stations ayant la même valeur du Q2. Ce qui a conduit Emberger à caractériser chaque station non plus par la seule aridité Q2, mais aussi par le froid hivernal représenté par la moyenne des températures minimales du mois le plus froid.

En fonction des valeurs de la température moyenne des minima m, **Daget et David (1982)** ont distingué différentes zones bioclimatiques correspondant aux variantes thermiques :

**Tableau 9 : Variantes climatiques selon Daget et David (1982)**

Valeurs de m °C	Variante thermique à hiver
-3 < m < 0	Froid
0 < m < 3	Frais
3 < m < 4.5	Tempéré
4.5 < m < 7	Doux
7 < m < 10	Chaud
m > 10	Très chaud

## II.5 Climagramme d'Emberger

La classification bioclimatique utilisée dans la région méditerranéenne repose sur les caractères climatiques qui influencent le plus fortement la vie végétale (**Emberger, 1955**). Les bioclimats sont définis par un climagramme pluviothermique qui dépend de la sécheresse globale exprimée en ordonnées par le quotient pluviothermique Q2 et de la rigueur de la saison froide exprimée en abscisse par la moyenne des minima du mois le plus froid. Sur ce climagramme, les limites ont été tracées là où un changement net de végétation a été observé (**Emberger, 1955**). Les divers climats y sont délimités à l'aide de critères biologiques (**Le Houérouet al., 1977**).

Le calcul des quotients pluviothermiques et des températures moyennes des minima nous a permis de localiser nos stations météorologiques de référence dans le climagramme d'Emberger. La figure 11 montre que les stations de Ribat El Khair et d'El Menzel se situent à la limite supérieure de l'étage bioclimatique semi-aride avec respectivement des hivers frais et tempérés. Quant à la station d'El Aderj, elle se situe dans l'étage bioclimatique aride à hiver frais (Tableau 10).

Le bioclimat de l'aire d'étude pourrait s'apparenter à celui de la station de Ribat El Kheir qui appartient à l'étage bioclimatique semi aride à hiver frais. Cette station est la plus proche de l'aire d'étude de point de vue géographique, altitudinal et latitudinal (Tableau 1).

Il importe de souligner que la station de Ribat El Kheir est localisée sur le causse de Ribat El Kheir qui surplombe la vallée Zloul du côté ouest. Elle est mieux exposée aux vents humides du Nord Ouest que les versants sud de la vallée. En effet, le microclimat des versants sud de Jbel Lekraâ semble être plus chaud et moins arrosé. Ceci pourrait être indiqué par la végétation dominée par le *Chamaerops humilis* qui est une espèce thermophile ainsi que par la présence de *Ziziphus lotus* qui pousse dans les zones bioclimatiques méditerranéennes semi-arides et arides.

**Tableau 10 : Coefficients d'Emberger et étages bioclimatiques**

Stations	P (mm)	M °C	m °C	Q2	Bioclimat
Ribat El Khair	565	35.46	1.84	57,58	Semi aride à hiver frais
El Menzel	482	31.2	6.8	67,60	Semi aride à hiver tempéré
El Aderj	320	41.0	2.0	27,84	Aride à hiver frais



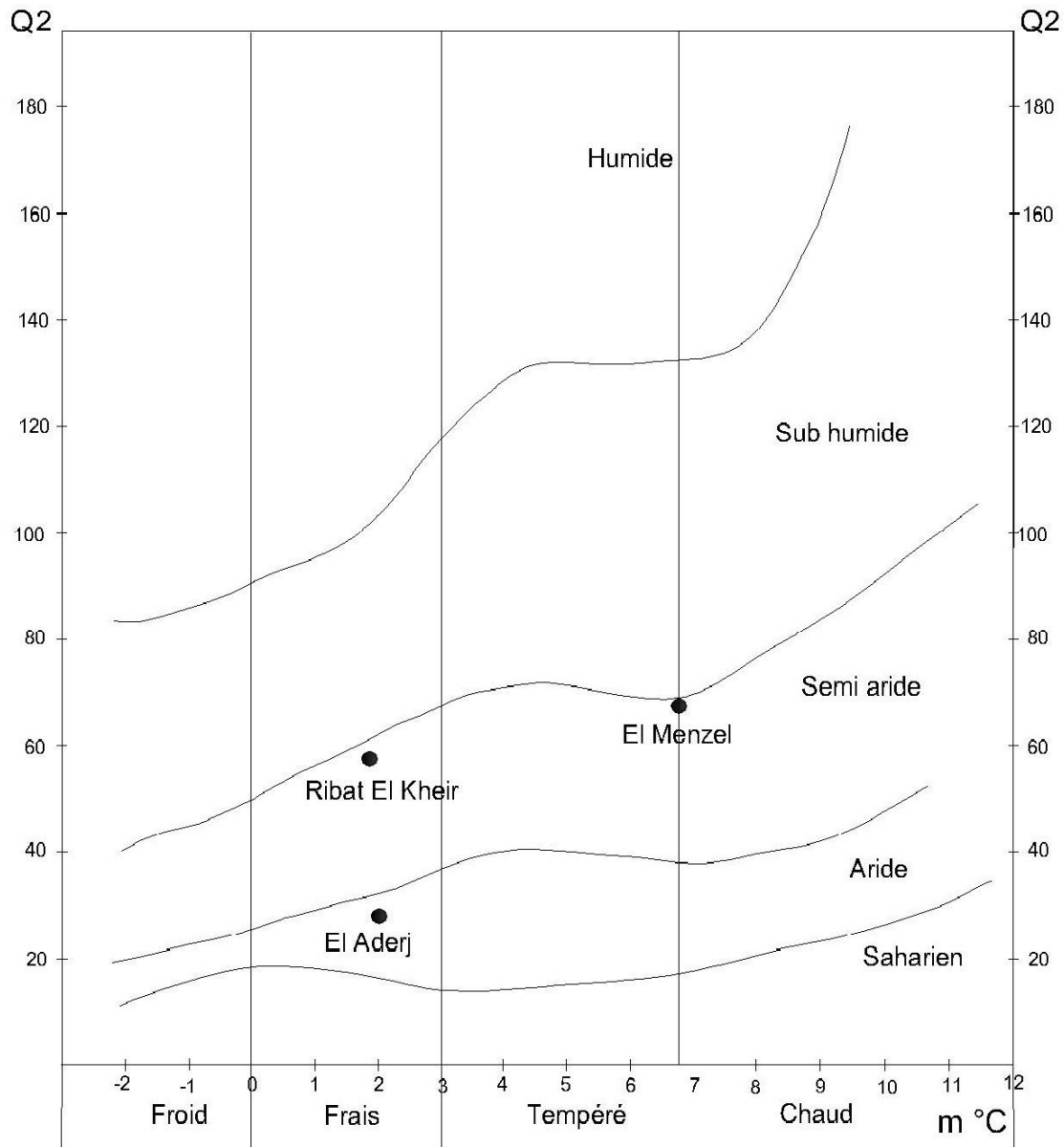


Figure 11 : Classification des stations météorologiques selon le climagramme d'Emberger

## II.6 Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen

Le diagramme de **Bagnouls et Gaussen (1953)** permet de préciser l'intensité de la période sèche. Il s'agit d'un graphique ombrothermique qui représente à la fois les précipitations et les températures moyennes mensuelles avec en abscisses les mois de l'année. Il permet de déterminer la durée et l'intensité de la saison sèche, ainsi que la longueur de la saison pluvieuse (**Ozenda, 1991 ; Le Houerou, 2004**).

Un mois est considéré comme biologiquement sec, si la quantité mensuelle totale des précipitations exprimée en millimètre est inférieure au double de la température moyenne exprimée en degrés centigrades.

Les diagrammes de la figure 12 montrent que pour la station de Ribat El Kheir, la période sèche dure 4 mois, elle débute au mois de Juin et s'achève au mois de septembre. Cette période s'allonge à 6 mois pour la station d'El Aderj, elle commence au mois de mai et dure jusqu'au mois de septembre.

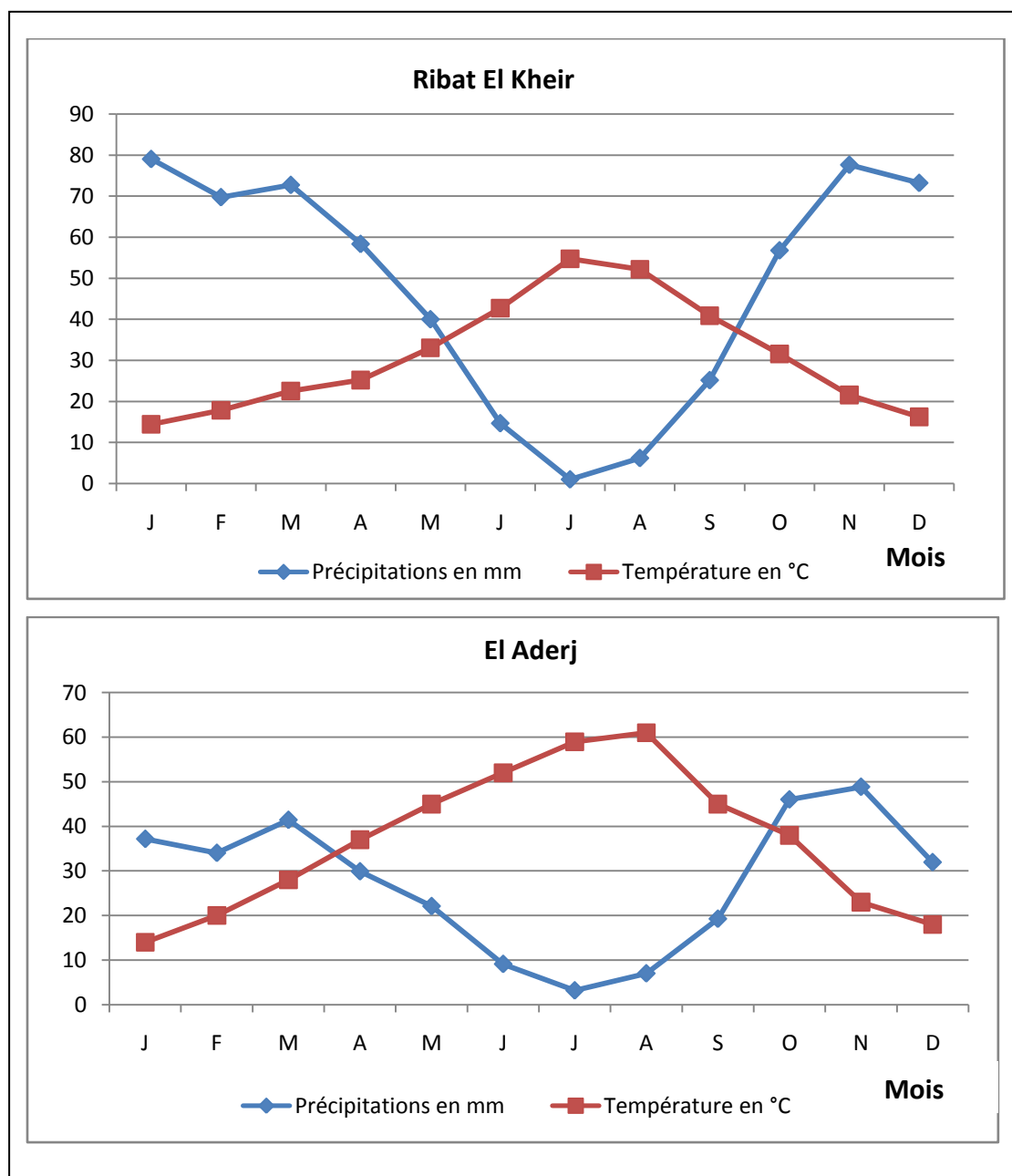


Figure 12 : Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausson

## II.7 Indice d'aridité de De Martonne

Il permet de caractériser le degré d'aridité d'une région à l'échelle annuelle ou mensuelle, il est calculé comme suit (**De Martonne, 1926**) :

$$I_{DM} = \frac{P}{T + 10}$$

$I_{DM}$  : Indice d'aridité de Martonne.

P : Précipitations annuelles totales.

T : Température moyenne annuelle.

L'indice mensuel est calculé en multipliant par 12 les précipitations et la température mensuelle selon la formule suivante :

$$I_{DM} \text{ (mensuel)} = \frac{12P}{T + 10}$$

L'indice d'aridité de Martonne  $I_{DM}$  combine la température et la pluviométrie, il indique un bioclimat aride lorsqu'il prend une valeur faible. Dans ce cas, la pluviométrie diminue et la température augmente, et inversement, un indice plus élevé correspond à un climat moins aride. De Martonne a entrepris une étude de corrélation entre les valeurs de l'indice d'aridité et le type de végétation observé, lui permettant d'établir la classification des bioclimats suivants :

**Tableau 11: Classification des bioclimats en fonction des valeurs de l'indice d'aridité (IDM)**

Valeur de l'indice	Type de végétation potentiel	Type de bioclimat
1	Désert absolu	Hyperaride (HA)
$5 < I$	Désert	Arde (A)
$10 < I$	Steppe	Semi aride (S A)
$20 < I$	Prairie ou Forêt	Subhumide (S H)
$30 < I$	Forêt	Humide (H)
$I > 55$	Forêt	Perhumide (PH)

L'examen du tableau 12 montre que l'utilisation de l'indice de De Martonne permet de classer les deux stations de d'El Aderj et d'El Menzel comme semi aride. Par contre la station de Ribat El Kheir est classée comme subhumide.

**Tableau 12 : Classification des bioclimats selon l'Indice annuel de Martonne**

Stations	P (mm)	M °C	I <sub>DM</sub>	Type de bioclimat
Ribat El Kheir	565	15.54	22.12	Subhumide
El Menzel	482.0	15.90	18.61	Semi aride
El Aderj	320	18.33	11.31	Semi aride

Le calcul de l'Indice mensuel de Martonne montre que l'aridité se concentre surtout pendant les mois d'été et peut s'étaler aux mois d'automne et de printemps. Elle est relativement plus accentuée pour la station d'El Aderj et s'étale à 7 mois. Alors qu'elle ne dure que 5 mois pour la station de Ribat El Kheir et 6 mois pour la station d'El menzel. Pour le reste de l'année, mise à part le mois de janvier, qualifié comme perhumide pour la station de Ribat El Kheir, les mois passent du subhumide à l'humide pour les 3 stations (Tableau 13)

**Tableau 13 : classification des bioclimats selon l'Indice mensuel de Martonne**

Stations	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
<b>Ribat El Kheir</b>	<b>55,08</b>	<b>44,24</b>	<b>41,05</b>	<b>30,98</b>	<b>18,09</b>	<b>5,61</b>	<b>0,32</b>	<b>2,06</b>	<b>9,92</b>	<b>26,43</b>	<b>44,83</b>	<b>48,49</b>
<b>El Aderj</b>	26,23	20,41	20,71	12,58	8,15	3,03	0,96	2,07	7,10	19,03	27,25	20,16
<b>El Menzel</b>	28,82	26,79	32,22	29,22	19,92	6,21	1,49	1,82	7,13	16,49	25,54	31,11

Légende :

PH H SH SA A HA



### **III Conclusion**

La synthèse bioclimatique de notre aire d'étude reste relativement délicate vu la couverture insuffisante du réseau des stations météorologiques pour appréhender les différentes situations orographiques. Généralement dans les zones montagneuses, les stations météorologiques se trouvent dans les vallées et rarement sur les versants ou à proximité des crêtes (**Sevruk, 1997**).

L'analyse des données disponibles permet toutefois de ressortir certaines caractéristiques climatiques et bioclimatiques. Le climat est de type méditerranéen, caractérisé par une saison estivale sèche et chaude avec un indice xérothermique d'Emberger inférieur à 5. Selon le Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausson, la saison sèche s'étale sur 4 mois allant du mois de juin jusqu'au mois de septembre.

Les quantités de précipitations annuelles sont caractérisées par de fortes fluctuations qui peuvent osciller en moyenne entre 201mm et 767 mm avec une alternance de cycles d'années pluvieuses et d'années sèches sans distribution régulière.

Le climat de notre aire d'étude est caractérisé aussi par une amplitude thermique relativement élevée pouvant atteindre 33°C. Il peut être qualifié comme semi continental modéré par la classification thermique de **Debrach (1953)**. En effet, la température moyenne des maxima du mois le plus chaud (juillet) s'élève à 35.46 °C. Tandis que la température moyenne des minima du mois le plus froid (janvier) descend jusqu'à 1.84 °C.

Le climagramme d'Emberger classe le bioclimat de notre zone d'étude dans la limite supérieure de l'étage bioclimatique semi-aride à hiver frais.

## **CHAPITRE 3 :**

# **Milieu humain et Dégradation du milieu**

## **I Introduction**

La méditerranée, berceau de brillantes civilisations a été fortement impactée par l'Homme depuis des millénaires. Selon **Bonin et loisel (1996)**, tous les milieux en région méditerranéenne sont non naturels, étant anthropisés à des degrés divers. Les perturbations d'origine anthropique sont pour une très large part responsables de l'état actuel des structures de la végétation au Maghreb (**Quézel et Barbero, 1990**). Dans cette région, la pression démographique et le pâturage ont largement perturbé les principaux écosystèmes forestiers et ont entraîné une régression continue de leur surface (**Barbero et al., 1990**). Par ailleurs, la régression continue et accélérée des structures arborées et l'extension de structures non arborées ont été et sont encore sous l'influence directe de l'action humaine, essentiellement par le biais des incendies, du pâturage, mais aussi par des défrichements volontaires (**Bonin et loisel, 1996**).

Dans notre aire d'étude, outre le stress écologique permanent (stress hydrique et climatique), l'impact anthropique est à l'origine de profondes transformations et dégradations du milieu. La déforestation massive a causé la disparition complète des forêts qui couvraient les versants sud de Jbel Lakraâ et Jnab Diss, laissant place respectivement à une chamaeropaie et à une dissaie. Par ailleurs, le défrichement a concerné d'importantes superficies au niveau des terrains accessibles et moins accidentés qui ont été transformés surtout en parcelles oléicoles. En outre, la surexploitation des ressources fourragères des parcours ouverts toute l'année cause une perturbation de leurs compositions floristiques et du développement normal des plantes.

De ce fait, l'étude du milieu humain est indispensable pour toute étude écologique du milieu. Le présent chapitre portera sur l'évolution démographique, l'occupation des sols et les principales activités socioéconomiques de la population. Enfin, il évoquera aussi les principales formes de dégradations du milieu causées par l'Homme et ses troupeaux.

## **II Généralités**

### **II.1 Evolution démographique**

La zone d'étude se situe dans la commune territoriale d'Ighezrane. L'évolution de la population de cette commune peut refléter celle de notre aire d'étude. Entre 1982 et 2014, l'évolution démographique de la commune est résumée dans le tableau suivant :

**Tableau 14 : Evolution de la population de la commune d'Ighezrane**

Année	Nombre d'habitants	Taux d'accroissement
1982	14408	-
1994	12657	- 12,2
2004	11050	-1,3
2014	9626	- 33,2

Sources: **Recensements Généraux de la Population et de l'Habitat 1982, 1994, 2004 et 2014**

La population de la commune d'Ighezrane compte selon le dernier recensement général de la population et de l'habitat de 2014 le nombre de 9626 habitants. Soit une densité de 19 habitants / km<sup>2</sup> (Plan Communal de Développement de la Commune d'Ighezrane). Le tableau 14 révèle une diminution considérable de la population de la Commune qui est passé de 14408 en 1982 à 9626 en 2014, soit un taux d'accroissement négatif de -33,2 %. Cette diminution est due essentiellement à l'exode rural à partir des années 1970. Il s'agit de la migration de la population vers les centres urbains les plus proches (Ribat El kheir, Séfrou, Fès), surtout pour assurer la scolarité des enfants, la recherche d'emplois ou de conditions de vie meilleures.

Ce départ a été relativement compensé par une migration descendante des hauts reliefs vers la vallée. Un exode qui tend à améliorer le contexte de vie sans délaissier la vocation principale d'éleveur. On peut citer surtout la migration de familles semi nomades d'Ait Lfarh des hautes montagnes de Bou Iblane pour se sédentariser dans les piémonts de Jbel Lakraâ.

Il convient de signaler aussi qu'un phénomène d'exode inverse de la population a débuté ces dernières années. Il s'agit surtout de retraités originaires de la région ou des citadins qui fuient les vacarmes et la pollution des villes pour s'installer dans la région.

## **II.2 Occupation des sols**

La superficie agricole utile (SAU) de la Commune d'Ighezrane est estimée à 11167 Ha. Elle est dominée par le Bour qui représente 10 496 Ha. Les terrains agricoles sont caractérisés par leur morcellement, 75 % des exploitations agricoles occupent des superficies inférieures à 5 ha, alors que les exploitations dont la superficie est supérieure ou égale à 10 Ha ne représentent que 8 %. Par ailleurs, environ 60 % des exploitations agricoles utilisent des moyens et des modes de gestions traditionnels.

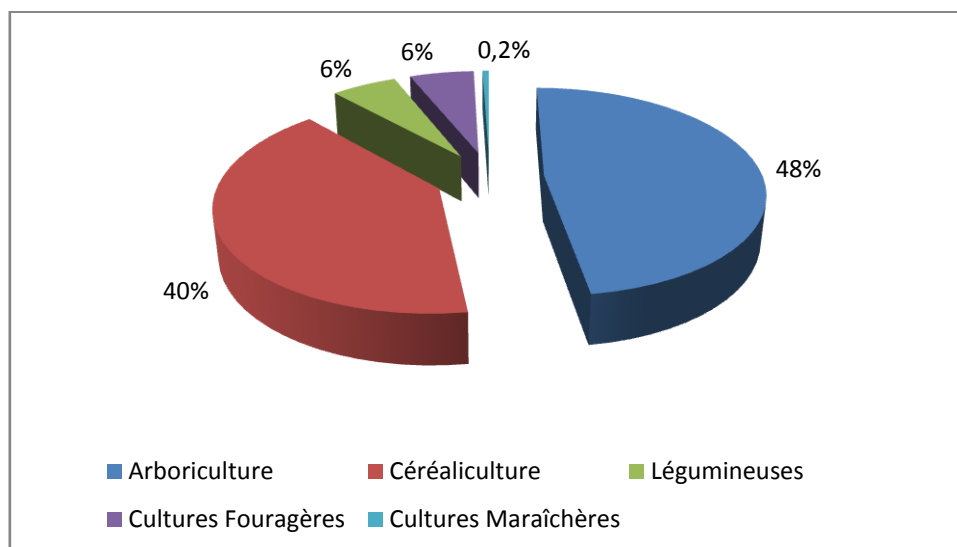


L'agriculture de subsistance occupe une place importante dans l'économie de la région. Elle occupe le deuxième poste économique après l'élevage. Elle est dominée par l'arboriculture et la céréaliculture avec respectivement 5 326 Ha et 4 520 Ha qui occupent à elles seules environ 88 % de la SAU (Figure 13).

L'olivier représente la principale espèce cultivée avec 94 % de la superficie totale arboricole. Une culture initiée par l'état et qui n'a pas satisfait les attentes, vu que les rendements restent très faibles. Ceci pourrait être dû d'une part, au fait qu'une grande partie des plantations ont été réalisées sur des sols peu évolués et très pauvres. D'autre part, l'olivier a été planté à des altitudes relativement élevées (900 à 1300 m), où les gelées printanières tardives et les faibles températures automnales pourraient perturber le déroulement normal des stades physiologiques tels que la floraison, la nouaison et la maturité des fruits.

Les rosacées et les arbres fruitiers à noyaux ne représentent que 6 %. Ils sont relativement plus exigeants en matière de besoins en eau, de fertilité du sol, et des travaux d'entretien. Le prunier occupe la première place avec 131 Ha suivi du pommier avec 104 Ha. Les autres cultures occupent une place marginale, les légumineuses occupent une superficie de 430 Ha, quant aux autres cultures leur superficie totale est de 194 Ha (Figure 13).

L'introduction récente de l'olivier peut être considérée comme un événement déterminant dans l'histoire et l'évolution de l'agriculture de la zone d'étude ainsi que du mode de vie d'une grande partie de la population. Dans l'espace d'environ seulement 40 ans, il est devenu la principale culture avec actuellement une superficie de 5000 Ha, soit environ 94 % de la superficie totale de l'arboriculture et 45 % de la SAU agricole.

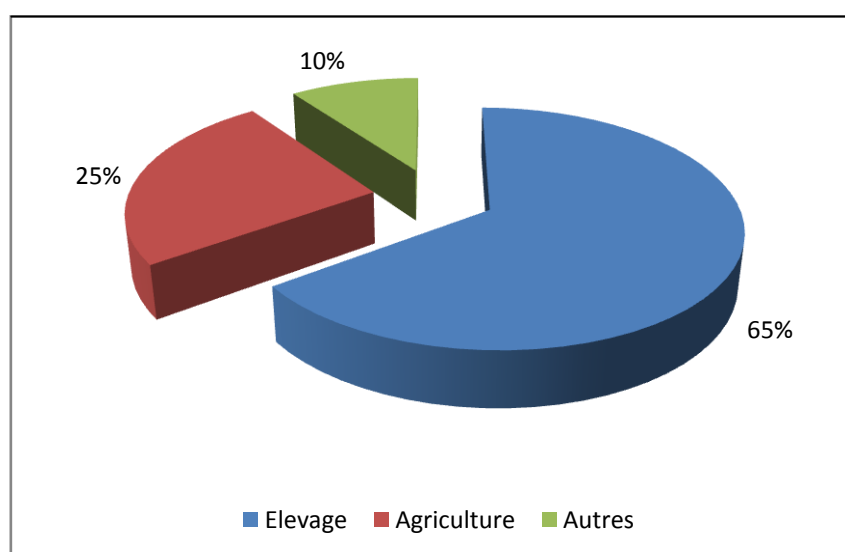


**Figure 13 : Répartition des cultures agricoles de la zone d'étude**

Source : Centre de Conseil Agricole (CCA) de Ribat El Kheir 2019

### II.3 Activités socioéconomiques

Le système de production dans notre zone d'étude est basé essentiellement sur l'élevage et l'agriculture. Selon une enquête effectuée dans le cadre du plan d'aménagement de la forêt Beni Sohane (S.E.I, 2014), l'élevage constitue la principale source de revenus de la population de cette forêt avec 65 %, suivi de l'agriculture avec 25 % (Figure 14). Généralement, les activités d'élevage sont souvent associées aux activités agricoles, les éleveurs-paysans disposent aussi bien du bétail et exploitent des terres agricoles.



**Figure 14 : Revenus des ménages ruraux du terroir de la forêt Beni Sohane (S.E.I, 2014)**

Il est à noter que la carrière militaire a un très grand attrait sur la population locale, ce qui a un impact important sur les revenus des retraités qui reviennent au pays en fin de carrière.

Concernant la population qui vit hors de la forêt Beni Sohane, l'introduction de la culture d'olivier a contraint les arboriculteurs à mettre en défens leurs jeunes plantations, généralement non clôturées. Ainsi, la généralisation progressive de la culture d'olivier dans la région a entraîné un changement d'activités d'une bonne partie de la population. Les nouveaux arboriculteurs ont abandonné l'élevage qui est une activité ancestrale, pour protéger leurs plantations.

### III Principales formes de dégradation du milieu

#### III.1 Erosion de la biodiversité

Le concept de biodiversité a été créé par **Walter Rozen** en **1985**. Il a connu une grande notoriété en 1992 lors de la ratification de la Convention sur la Diversité Biologique (CDB) au sommet de la terre de Rio. Selon l'article 2 de la CDB, la biodiversité a été définie comme étant : «La variabilité des organismes vivants de toute origine y compris, entre autres, les écosystèmes terrestres, marins et autres écosystèmes aquatiques et les complexes écologiques dont ils font partie ; cela comprend la diversité au sein des espèces et entre espèces ainsi que celle des écosystèmes».

La biodiversité est souvent assimilée à la diversité d'espèces. Il s'agit plutôt d'une notion plus complexe qui fait référence à la diversité du vivant sous toutes ses formes ainsi qu'aux interactions entre ces différents niveaux organisationnels. L'approche biologique et écologique de la biodiversité peut être appréhendée à travers trois niveaux d'organisation de la diversité biologique, génétique, spécifique et fonctionnelle (**Barbault, 1993**):

- La diversité génétique définit la diversité intraspécifique. Elle concerne la variabilité des gènes d'individus au sein d'une même espèce ou d'une même population.
- La diversité spécifique détermine la diversité interspécifique. Elle concerne le nombre, la nature et l'abondance des espèces vivantes.
- La diversité écosystémique détermine la diversité des écosystèmes présents sur terre, des interactions des populations naturelles entre elles et avec leurs environnements physiques.

Dans le cadre de notre étude, la biodiversité a été appréhendée seulement au niveau spécifique. Vu que l'étude de la diversité génétique nécessite généralement des manipulations relativement lourdes, quant à la diversité écosystémique, elle nécessite une connaissance très précise du fonctionnement des écosystèmes.

La diversité spécifique peut être évaluée par l'utilisation d'indicateurs à paramètre unique ou par des indicateurs composites :

- Indicateur à paramètre unique : la richesse spécifique est généralement l'indicateur le plus simple et le plus utilisé. Elle consiste à calculer le nombre d'espèces présentes dans un écosystème. Toutefois, un consensus existe parmi les écologues qui reconnaissent que d'une manière générale, cet indicateur reste peu informatif des dynamiques qui animent les écosystèmes et la biosphère (**Balmford et al., 2005**).

- L'indicateur composite : il utilise au moins deux unités de référence, le nombre d'espèces et également l'abondance ou la distribution des individus au sein de chaque espèce. Les

indices de Shannon ou de Simpson représentent les indicateurs classiques pour évaluer la diversité spécifique (**Marcon, 2015**).

L'érosion de la biodiversité est passée en deuxième plan après le réchauffement climatique, les rejets de CO<sub>2</sub>, la pollution de l'eau, la dégradation de la couche d'ozone. Or, les séries de méta-analyses effectuées par **Hooper et al., (2012)** ont montré que l'érosion de la biodiversité a autant d'effets sur les écosystèmes que le réchauffement climatique ou que toutes autres sources de pollution. L'érosion de la biodiversité est un des défis majeurs auquel l'humanité devrait faire face au cours du 21<sup>ème</sup> siècle pour préserver la biosphère.

Certes, l'Homme est devenu une force de la nature rivalisant avec les forces climatiques et géologiques pour façonner la biosphère terrestre et ses processus (**Ellis et Ramankutty, 2008**).

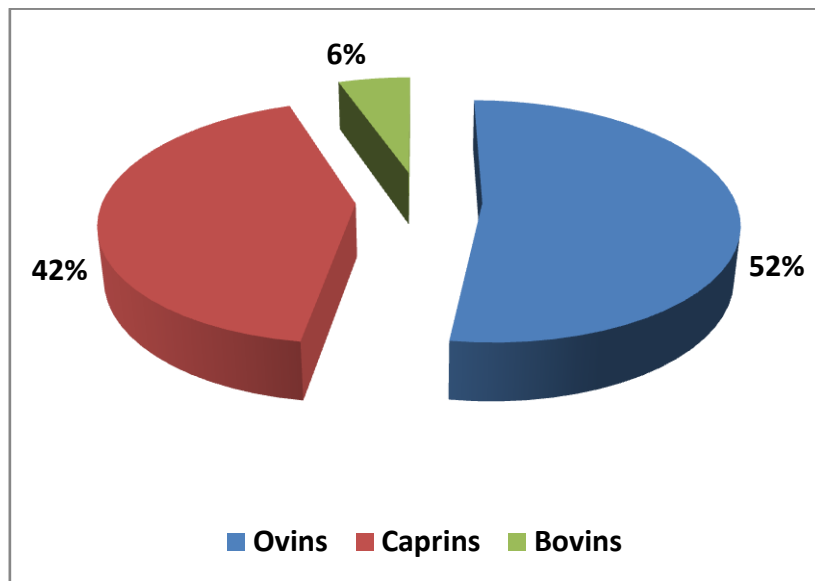
Aujourd'hui, un consensus parmi les scientifiques met en évidence la responsabilité des activités humaines dans la destruction massive des habitats naturels et leur fragmentation. Plus de 26 000 espèces végétales ou animales disparaissent chaque année de la surface de la terre, au point que nous sommes devenus la cause principale de la 6<sup>ème</sup> extinction massive de la biodiversité que connaît notre planète. En effet, un rapport choc de l'ONU sur la biodiversité a été publié en 2019. Il a été produit par un groupe international d'experts sur la biodiversité (IPBES). Ce rapport alarmiste avance un chiffre effrayant d'environ un million d'espèces animales et végétales menacées d'extinction à court ou moyen terme. Fort probablement, l'activité humaine a accéléré le rythme d'extinction des espèces. L'impact de l'homme peut être considéré comme la principale cause de l'érosion de la biodiversité.

### **III.2 Surpâturage**

L'élevage représente une activité ancestrale dans la région. Il représente la principale activité économique dans la commune d'Ighezzane. Le cheptel compte environ 38 341 têtes. L'élevage des ovins occupe la première place et représente 59 % de l'ensemble du cheptel, suivi de celui des caprins avec 40 %. L'élevage des équidés et des bovins sont peu pratiqués dans la commune d'Ighezzane, ils représentent respectivement 6 % et 5 % (Figure 15).

En général, les races d'animaux élevées dans la région de notre zone d'étude sont des races locales, rustiques et bien adaptées aux rudes conditions des montagnes du Moyen Atlas. Les principales races sont :

- Ovins : Race locale.
- Caprins : Barcha ; Noir de l'Atlas ; races croisées.
- Bovins : Oualmass ; Brune de l'Atlas.



**Figure 15 : Répartition du cheptel selon les types de bétail dans la commune d'Ighezrane (S.E.I, 2014)**

Les pasteurs pratiquent un élevage extensif, leurs déplacements dans la zone d'étude se font en fonction des conditions climatiques. Occasionnellement, lorsque les températures chutent certains jours de l'hiver, le bétail reste semi-stabulé avec un complément de nourriture. Exceptionnellement, certains éleveurs pratiquent la transhumance et se déplacent vers des zones plus clémentes. Toute l'année, le bétail paît dans les parcours de la forêt Beni Sohane, de Jbel Lkraâ et de Jnab Diss.

En été, lorsque les ressources fourragères des parcours deviennent moins abondantes, le bétail peut se nourrir aussi après les moissons des chaumes des céréales. Certains grands éleveurs louent des vergers dans les plaines avoisinantes après la récolte des fruits pour exploiter la végétation qui pousse entre les lignes de plantation. Les éleveurs ont recours aussi fréquemment à des pratiques d'ébranchage et d'écimage d'arbres de chêne vert pour satisfaire les besoins en aliments de leurs troupeaux. Cette pratique s'accroît durant l'hiver et les années sèches, ce qui peut causer à la longue un épuisement des réserves des arbres et leur dégénérescence éventuelle surtout avec les effets conjugués de la sécheresse.

Les parcours sont ouverts toute l'année, seules les mauvaises conditions climatiques ou la non disponibilité de nourriture dissuadent les pasteurs de fréquenter ces parcours.

La surexploitation des parcours empêche les plantes d'achever leur cycle de développement et de reconstituer au sol le stock de semences nécessaire à leur régénération.

Or, la pratique de la mise en défens temporaire appelée Agdal, jadis commune partout au Maroc, permet le maintien d'une plus grande diversité floristique et assure l'alternance et la durabilité des parcours (**Genin et al., 2012**).

Le surpâturage est défini comme un prélèvement excessif des ressources végétales par rapport à la production annuelle des parcours. Il est un facteur majeur de la dégradation des écosystèmes naturels méditerranéens d'Afrique du Nord (**Le Houérou, 1980**). Les parcours sont incapables de subvenir durablement aux besoins du cheptel. La dégradation des parcours est d'autant plus accentuée par les changements climatiques, caractérisés par des périodes de sécheresse de plus en plus fréquentes et longues. Ce qui peut empêcher les processus naturels de régénération des espèces convoitées par le bétail.

Les effets de surpâturage se manifestent dans notre zone d'étude par le broutement des plantes ligneuses peu appétissantes et la prolifération d'espèces non palatables suivantes (**Le Houérou, 1980**) :

- Espèces épineuses : *Atractylis cancellata*, *Galactites tomentosa*, *Scolymus hispanicus*, *Carduus pycnocephalus* et *Palenis spinosa*.
- Espèces inaltérables : *Ferula communis*, *Thapsia garganica*, *Eryngium campestre*, *Echium plantagineum*, *Marrubium vulgare*, *Silene vulgaris*, *Erodium cicutarium*, *Urginea maritima*.

Le surpâturage est surtout plus prononcé au niveau des zones les plus fréquentées par le bétail, surtout aux alentours des points d'eau, des douars, des sentiers de parcours, des trajets des semi-nomades et des parcours riches en espèces palatables.

### III.3 Déforestation

La déforestation est le phénomène de régression irréversible du couvert forestier causée généralement par des actions de déboisement puis de défrichement au profit d'usages agricoles, urbanistiques ou miniers. Elle peut être causée aussi par des facteurs naturels tels que les incendies de forêts, les maladies ou les parasites des arbres. Mais, selon un rapport de la **FAO** sur l'état mondial des forêts (**2016**), le facteur anthropique reste la cause principale de la déforestation dans le monde. Près de 80% de la déforestation mondiale est causée par la reconversion des forêts en terrains agricoles. Outre l'agriculture, la construction d'infrastructures (routes, barrages), les activités minières et l'urbanisation représentent les 20% restants.

Dans les zones forestières montagneuses de la rive sud méditerranéenne, l'Homme vit essentiellement au dépend des biens et des services écosystémiques. Il prélève du bois de chauffage et de construction, il exploite le sous bois pour nourrir ses troupeaux et procède même à des ébranchages lorsque les strates herbacées et arbustives n'en suffisent plus surtout pendant les périodes difficiles de sécheresses.

La situation est devenue alarmante au cours des dernières décennies. Plusieurs facteurs concourent à la rupture de l'équilibre longtemps préservé entre l'offre en ressources végétales de ces écosystèmes et la demande des populations. Les principaux facteurs mis en cause :

- La croissance démographique qui a galopé suite à l'amélioration des conditions de vie de la population en matière de santé, d'accès aux différents services, des possibilités d'approvisionnement en aliments de base en cas de disettes.
- La sédentarisation des pasteurs entraînant une pression soutenue et plus longue sur ces écosystèmes. Avant, les pasteurs généralement semi nomades se déplaçaient au cours de l'année en fonction des conditions climatiques et de la disponibilité des ressources fourragères permettent aux écosystèmes de se régénérer.
- La généralisation de la culture de consommation. L'Homme ne se contente plus des besoins basiques. Pour satisfaire ses besoins devenus illimités, il puise sauvagement les ressources naturelles de ces écosystèmes pour se procurer des biens parfois inutiles et superflus.
- La récurrence des périodes de sécheresse, devenues plus fréquentes et plus longues dans les régions méditerranéenne suite au dérèglement climatiques.

Au Maghreb, la paysannerie marginalisée, vit dans des conditions écologiques contraignantes marquées par la faiblesse du couvert forestier et souvent faiblement insérée au marché. Elle est conduite à étendre des systèmes de production extensifs et inchangés aux dépends des forêts (**Auclair, 2004**).

Dans notre zone d'étude, la déforestation peut être considérée comme une des principales causes de détérioration de ses écosystèmes. Toutes les forêts de chêne vert qui couvraient les versants sud de Jbel Lakraâ et Jnab Diss ont complètement disparu. Au niveau de Jbel Lakraâ, le système foncier de type "forêt privée" d'une grande partie des terrains a accéléré la destruction de l'écosystème. Le propriétaire d'un terrain peut mettre en vente le bois présent sur son territoire. Le paroxysme de cette dégradation a eu lieu pendant les années

soixante du siècle dernier, les arbres de chêne vert ont été non seulement abattus mais aussi dessouchés pour fabriquer du charbon, éliminant ainsi toute chance de leur régénération.

#### **III.4 Erosion des sols**

L'érosion des sols consiste en un phénomène de déplacement, d'usure ou de dénudation des matériaux qui constituent la couche superficielle de la croûte terrestre, par des moyens physiques ou chimiques. C'est un processus naturel qui certes, abaisse toutes les montagnes mais en même temps, l'érosion engraisse les vallées, forme les riches plaines qui nourrissent une bonne partie de l'humanité. Il n'est donc pas forcément souhaitable d'arrêter toute érosion, mais de la réduire à un niveau acceptable et tolérable (**Roose, 1994**). Les sols sont assujettis aux facteurs d'érosion naturels conditionnés par les spécificités du milieu (relief, nature du sol, exposition) et des conditions climatiques (régime des pluies, températures, vents). Mais l'action de l'Homme reste une cause prépondérante dans l'accélération du processus d'érosion qui peut être 10 à 1.000 fois plus rapide que l'érosion normale (**Roose, 1994**).

Dans la rive sud de la méditerranée, l'érosion des sols est devenue plus préoccupante surtout au niveau des écosystèmes montagneux, où la survie de la population est tributaire des ressources naturelles (**Antipolis, 2003**). Le défrichement et la déforestation, le surpâturage, le prélèvement excessif du bois de feu et de construction concourent à la dégradation des sols et à leur vulnérabilité aux facteurs d'érosion.

Au Maroc, la situation est alarmante, la disparition de la couche arable du sol touche environ 22 000 ha/an (**Benbrahim et al., 2004**). Soit 15 millions ha de terres sont érodées avec une dégradation spécifique allant de 500 t/km<sup>2</sup>/an au Moyen Atlas à plus de 5000 t/km<sup>2</sup>/an au Rif (**Lahlou, 1997**).

L'érosion des sols est favorisée par la nature fragile des sols méditerranéens aux facteurs érosifs. Cette fragilité est due à l'irrégularité et à la violence des précipitations, à l'accélération de la minéralisation de la matière organique par des températures élevées, ainsi qu'à la faible protection du sol par un couvert végétal souvent réduit par le stress climatique et la pression anthropique.

La dégradation du couvert végétal augmente la vulnérabilité des sols à l'érosion hydrique devenue plus agressive avec les changements climatiques. La disparition de la strate arborée et la dégradation de la chamaeropaie au niveau du versant sud de Jbel Lakraâ a causé une accélération des processus érosifs. Le sol n'est plus fixé par le système racinaire des



arbres et les touffes du *C. humilis*, il est facilement transporté par les eaux pluviales. La fréquence d'épisodes de canicules et de sécheresses prolongées en été multiplient le risque de conjonction entre pluie diluvienne et sol sec en automne (Venetier et al., 2014). En effet, des orages violents et des pluies torrentielles plus fréquents ces dernières décennies ont causé en peu de temps des ravinelements profonds pouvant dépasser les 4 m et la mise à nu complète du sol d'importantes surfaces des versants sud de la vallée. (Photos 1).



Photo 1a



Photo 1b

**Photo 1a : Ravinement au niveau du versant sud de Jbel Lakraâ**

**Photo 1b : Mise à nu du sol au niveau de la chameropaie du versant sud de Jbel Lakraâ**

**Photo 1: Effets de l'érosion hydrique au niveau du versant sud de Jbel Lakraâ**

### III.5 Incendies

Les incendies de forêts représentent une des perturbations majeures auxquelles sont soumis les écosystèmes méditerranéens (Barbero et al., 1988). Les climats méditerranéens sont caractérisés par des étés chauds et secs, ce qui augmente la dessiccation de la litière et de la végétation, créant ainsi des conditions favorables au déclenchement des feux de forêts. Le déclenchement et la propagation des incendies sont favorisés aussi par les vents secs et chauds tels que le Chergui au Maroc. Ces vents sont plus fréquents en été et causent une forte diminution de l'humidité de l'air et un dessèchement de la végétation.

La fréquence et l'intensité des incendies dans les forêts mondiales et méditerranéennes vont vraisemblablement augmenter suite aux conditions extrêmes des vagues de chaleurs et des sécheresses devenues de plus en plus fréquentes par les changements climatiques. Il en

résulte aussi un allongement de la période des incendies et une extension de la zone géographique concernée (Rigolot, 2008).

Les causes de déclenchement des incendies de forêts dans la région méditerranéenne sont généralement d'origine anthropique. Les incendies d'origine naturelle telle que la foudre, les éruptions volcaniques restent très faibles en comparaison à ceux causés par l'Homme (Kazakis et al., 2008).

Les incendies déclenchés dans notre zone d'étude durant les dix dernières années ont touché surtout les reboisements de pin d'Alep en bas de la vallée (Photos 2). Ils ont détruit environ 227 Ha de forêt durant la période 2010-2019 (Figure 16).



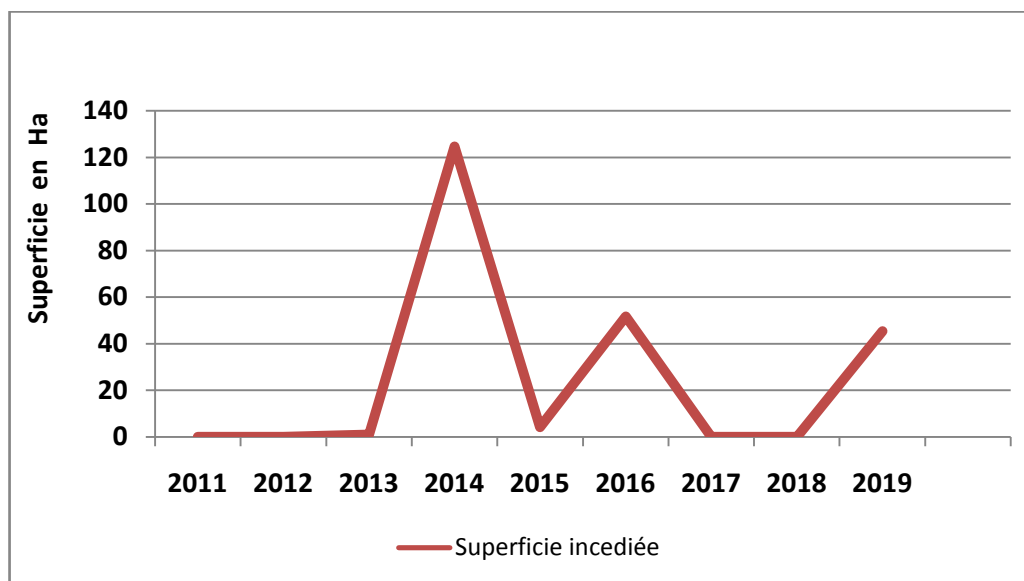
Photo 2a (26 /05/2016)



Photo 2b (09 /05/ 2017)

### Photos 2 : Incendies de jeunes plantations de *Pinus halepensis*

Généralement, dans notre zone d'étude, les incendies se produisent surtout pendant les mois les plus chauds et les plus secs de l'année à savoir juillet et août. Néanmoins, durant ces dix dernières années, les mois de septembre et d'octobre ont enregistré avec le mois aout un maximum de 4 incendies (Tableau 15). Ceci pourrait être expliqué en partie par le dérèglement climatique qui se manifeste certaines années par un retard des précipitations automnales et des températures relativement plus élevées par rapport à la normale de la saison, favorisant ainsi le risque des incendies. Ce dernier diminue pendant le reste de l'année.



**Figure 16 : Superficie des incendies durant la période 2010-2019**

En matière de lutte contre les incendies, la forêt Beni Sohane dispose d'un poste vigie pour détecter le début de déclenchement de leurs foyers et d'un réseau pare-feu d'environ 1.8 km localisé dans les anciens reboisements de pin d'Alep. Les pare-feu aménagés consistent à défricher des quadrillages de bandes larges d'environ 20 à 30 m perpendiculaires aux vents dominants pour créer une discontinuité de la végétation. Ils permettent de limiter la propagation du feu de façon préventive (Photo 3). L'usage de technologies avancées a fait son apparition dans la région ces dernières décennies par l'emploi d'hydravions pour éteindre les foyers de feu.



**Photo 3 : Pare-feu aménagé au niveau du reboisement de *Pinus halepensis* (arrière-plan)**

**Tableau 15 : Répartition mensuelle du nombre de foyers d'incendies dans la forêt Beni Sohane (2010-2019)**

Années	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Total
2010	0	0	0	0	0	0	<b>0</b>
2011	0	0	0	0	0	0	<b>0</b>
2012	0	0	0	0	0	0	<b>0</b>
2013	0	0	0	1	0	1	<b>2</b>
2014	1	1	1	1	0	0	<b>4</b>
2015	0	0	0	1	1	0	<b>2</b>
2016	0	0	1	1	0	0	<b>2</b>
2017	0	0	0	0	0	0	<b>0</b>
2018	0	0	0	0	0	0	<b>0</b>
2019	0	1	2	0	3	0	<b>6</b>
Total	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>16</b>

**Sources :** Centre de Conservation et de Développement des Ressources Forestières de Ribat El Kheir (CCDRF- REK).

Les reboisements de pin d'Alep réalisés au niveau de la forêt Beni Sohane pourraient augmenter les risques d'incendies. Les pins contiennent une très forte teneur en résine ou en huiles essentielles, ce qui les rend extrêmement inflammables (**Clément, 2005**). Ce sont des espèces pyrophiles bien adaptées au régime des feux méditerranéens, elles profitent des fortes températures atteintes lors des incendies pour faire éclater leurs cônes et permettre l'ensemencement naturel par la dissémination des pignons.

Ce risque est aussi grand, dans le cas des plantations de pin en monoculture, que dans les cas où il est associé à des espèces telles que les oléastres, les pistachiers-térébinthes ou les lentisques qui contiennent des résines ou des huiles très inflammables. Par ailleurs, la propagation du feu au niveau des pinèdes est favorisée par la projection de flammèches et de brandons qui peuvent atteindre plus de 2 km dans le cas des pinèdes de *P. halepensis*, entraînant ainsi l'allumage de foyers nouveaux dans au moins 40 % des cas (**Alexandrian, 2003**).

Le chêne vert (*Quercus ilex*) présente une autre stratégie d'adaptation aux incendies méditerranéens. Il dispose d'un grand nombre de bourgeons dormants qui se développent

après le passage du feu. Même après la destruction totale de la partie aérienne, des pousses et des rejets se développent à partir de la souche conservée dans le sol (Photo 4a). Le développement de nouveaux rejets pourrait constituer une sorte de rajeunissement de ces espèces. Cette stratégie d'adaptation au feu est adoptée aussi par d'autres espèces telles que, *Phillyrea angustifolia*, *Tetraclinis articulata* (Photo 4b). Concernant le *Chamaerops humilis*, les bourgeons dormants sont protégés par le stipe, les pieds se régénèrent facilement après leur mise à feu par les bergers de la région pour se chauffer durant le froid hivernal. Toutefois, la survenue répétée des feux pourrait causer à la longue l'épuisement des réserves nutritives des souches de ces espèces et par suite leur dégénérescence.



Photo 4a : Chêne vert (*Quercus ilex*)



Photo 4b : Filaire (*Phillyrea angustifolia*)

Photos4 : Régénération des souches de chêne vert et de filaire après incendie

#### IV Conclusion

La vallée Zloul objet de notre étude a connu et connaît encore des transformations très importantes surtout durant les dernières décennies. Certes, les facteurs écologiques (climat, topographie, sol,...) représentent des facteurs déterminants dans l'évolution naturelle de ces écosystèmes. Néanmoins, l'Homme constitue l'acteur principal des profonds changements que connaît la vallée.

Malgré l'évolution négative de la démographie de la région, la pression anthropique sur le milieu reste considérable, vu que la majorité de la population vit encore des services et des ressources naturelles.

La déforestation dans la région a été ralentie ces dernières décennies. Cependant, la déforestation massive des versants sud de Jbel Lakraâ enregistrée au cours de la deuxième moitié du siècle dernier peut être considérée comme une agression anthropique d'envergure du milieu naturel. Elle semble entraîner une perturbation considérable de la flore et de la faune. Par ailleurs, le défrichement des terrains forestiers pour l'usage agricole persiste encore. La rentabilité accrue de l'exploitation des terrains agricoles par la modernisation récente des moyens de production et l'exploitation des ressources d'eaux souterraines pourraient augmenter les tentations de défrichement.

L'érosion des sols constitue un point de non retour, ultime dégradation de l'écosystème au niveau des versants les plus anthropisés. Elle a entraîné des pertes énormes de sol suite aux effets conjugués de la déforestation massive et des changements climatiques. Il en résulte, la formation en peu de temps de ravinements profonds et la mise à nu complète d'importantes surfaces de sol.

Par ailleurs, la zone d'étude a fait l'objet aussi d'actions positives ayant comme finalité d'une manière directe ou indirecte, de protéger ou de restaurer d'une part la forêt Beni Sohane par des reboisements de *P. halepensis*, d'autre part les parcelles oléicoles par leur mise en défens.

Compte tenu de ce qui précède, il serait donc utile d'explorer ces écosystèmes qui ont connu des changements profonds et d'évaluer l'impact anthropozoïque sur leur composition floristique. Ceci est d'autant important que la communauté scientifique aura une référence floristique de l'état actuel des écosystèmes de montagne.

## **DEUXIEME PARTIE :**

### **Etude de la végétation**

# **CHAPITRE 1 :**

## **Caractères physiologiques de la végétation**



## **I Introduction**

La végétation naturelle d'une région donnée est le résultat conjugué de plusieurs facteurs écologiques, à savoir le climat, le type de sol, l'altitude et l'exposition. La délimitation des communautés d'espèces et les habitats correspondants est complexe et difficile à saisir (**Alexandre et al., 1998b**). Toutefois, à grande échelle, la classification de la végétation en formations végétales peut s'avérer importante pour comprendre le comportement et la dynamique des divers groupements végétaux (**Benabdeli, 1996**).

Une formation végétale peut être définie comme étant une communauté d'espèces végétales, caractérisée par un aspect particulier, et qui détermine un paysage caractéristique. En général, les situations topo-géographiques permettent de différencier des unités physiologiques distinctes.

Notre zone d'étude coupe la vallée Zloul perpendiculairement, elle est délimitée par Jbel Lakraâ au nord qui culmine à 1621 m et Jbel Ramouz au sud qui culmine à 2331m. Entre les deux chaînes montagneuses, se succèdent des collines moins élevées entre lesquelles coule le réseau hydrographique de l'oued Zloul. Il s'agit d'une vallée orientée est-ouest avec un effet exposition d'un versant sud plus ensoleillé plus chaud et un versant nord ombragé moins ensoleillé et plus froid. Cette diversité topographique confère à notre zone d'étude une phytodiversité importante qui peut être représentée par les principales formations végétales schématisées dans la figure 17 ci dessous.

## **II Formations steppiques**

Le mot steppe d'origine russe désigne de vastes plaines couvertes d'herbes et dépouillées d'arbres (**Fénelon, 1939**). En région méditerranéenne, il désigne une formation basse et ouverte où dominent des xérophytes en touffes qui ne couvrent pas totalement le sol. Il s'agit d'immenses étendues plus ou moins arides, à relief peu accusé, couvertes d'une végétation basse et clairsemée (**Le Houérou, 1995**).

La steppe peut exister en formation pure ou en mélange. Souvent, elle est dominée par une espèce qui lui emprunte son nom. Notre zone d'étude dispose de deux steppes localisées du côté nord de la vallée, au niveau de versants fortement inclinés et exposés au plein soleil (Chamaeropaie et Dissaie) et d'une steppe altitudinale à coussinet xérophytes localisée au sud, au niveau du sommet de Jbel Ramouz.

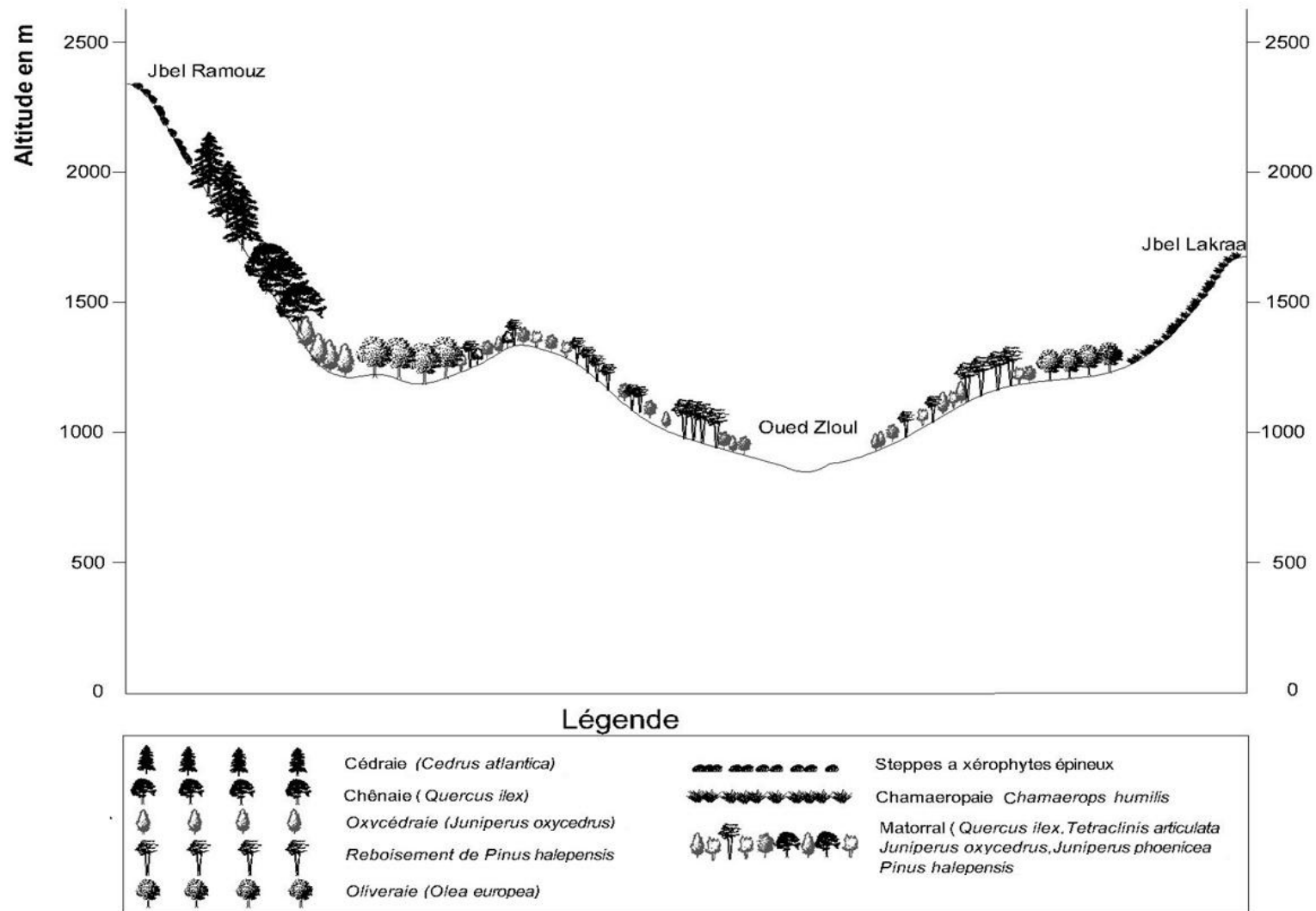


Figure 17 : Coupe de la végétation de l'aire de l'étude

## II.1 Steppe à *Chamaerops humilis* (Chamaeropaie)

La chamaeropaie couvre la quasi-totalité du versant Sud de Jbel Lakraâ. Le terme Lakraâ qui signifie chauve en arabe exprime fort probablement bien la déforestation massive qu'a connue ce mont. Il ne subsiste que quelques rares sujets ou de vieilles souches de chêne vert *Quercus ilex* qui témoignent encore de la chênaie qui couvrait tout le versant. De même, la strate arbustive a quasiment disparu, seuls quelques pieds de *Callicotome villosa* et de rares pieds de *Juniperus oxycedrus* complètement rabougris parsèment la chamaeropaie.

Le *C. humilis* est une espèce expansionniste de remplacement, il domine toute la végétation après la disparition de la strate arborée. Dans certains endroits, l'*Asphodelus ramosus* gagne de plus en plus du terrain et s'associe avec le *C. humilis* (Photo 5). La chamaeropaie dispose encore d'un cortège floristique important. Elle représente un parcours convoité pendant une grande partie de l'année, du début d'automne à la fin du printemps. Elle est surtout exploitée par les tribus semi nomades d'Aït Lfarh.



**Photo 5 : Steppe dégradée à *Chamaerops humilis***

Parmi les espèces principales qui composent le cortège floristique de la chamaeropaie :

*Chamaerops humilis*, *Asphodelus ramosus*, *Bromus madritensis*, *Aegilops neglecta*, *Althaea longiflora*, *Avena Barbata*, *Campanula dichotoma*, *Filago pyramidata*, *Galactites tomentosa*,

*Hypochaeris achyrophorus*, *Paronychia Arabica*, *Scolymus hispanicus*, *Sonchus asper*, *Urginea maritime* et *Eryngium campestre*.

## **II.2 Steppe à *Ampelodesmos mauritanicus* (Dissaie)**

Du côté nord-est de la vallée, le flanc à dissaille "Jnab Diss" représente la continuité de Jbel Lakraâ. La forêt de chêne vert (*Quercus ilex*) y a quasi complètement disparu, laissant place à une graminée *Ampelodesmos mauritanicus* (diss) qui a colonisé la majorité du versant sud, d'où leur nom de Jnab Diss. Il subsiste encore quelques rares sujets relictuels isolés de *Quercus ilex*. La dissaille abrite une strate herbacée convoitée par le bétail, elle sert de parcours pour les pasteurs de la région (**Photo 6**).



**Photo 6 : Steppe à *Ampelodesmos mauritanicus***

Le cortège floristique de ces steppes est composé des espèces suivantes :

*Ampelodesmos mauritanicus*, *Convolvulus sabatius*, *Convolvulus althaeoides*, *Palenis spinosa*, *Asperula hirsuta*, *Chamaerops humilis*, *Eryngium campestre*, *Scorpius muricatus*, *Carlina racemosa*, *Aegilops neglecta*, *Bombycilaena discolor*, *Avena barbata*, *Campanula dichotoma*, *Filago pyramidata*, *Galactites tomentosa*, *Paronychia arabica*, *Scolymus hispanicus* et *Urginea maritime*.

### II.3 Steppe altitudinale à xérophytes épineux en coussinet

Au sommet de jbel Ramouz côté sud de la vallée, la strate arborée composée essentiellement de *Cedrus atlantica* et de *Juniperus thurifera* cède la place en altitude progressivement aux plantes en coussinet xérophytiques. **Ruffier-Lanche (1964)** définit ces espèces comme étant « des plantes vivaces à feuilles persistantes, sans axe principal mais à nombreuses ramifications radiales, pérennes, et s'allongeant chaque année ». Ces espèces constituent des steppes qui caractérisent les hautes montagnes nord-africaines, à la limite supérieure et au dessus des formations forestières, à des altitudes variant de 2200 à 3500 m (**Quézel, 1957 ; Peyre, 1975 ; Lecompte, 1984**).

Dans notre zone d'étude, les espèces en coussinet (*Alyssum spinosum*, *Berberis hispanica*, *Bupleurum spinosum*, *Cytisus purgans*, *Prunus prostrata*, *Medicago suffruticosa* et *Arenaria purgens*) dominent le versant nord de Jbel Ramouz à partir de 1900 m d'altitude. A ces altitudes, les conditions écologiques deviennent difficiles pour un développement optimal des végétaux. La neige peut couvrir ce sommet pendant une bonne partie de l'année (Photo 7).



**Photo 7 : Steppe altitudinale à xérophytes épineux en coussinet**

Ces steppes pourraient représenter une forme de dégradation de la cédraie et de la thuriféraie qui ne sont plus représentées que par quelques souches et quelques vieux sujets

rabougris de *Cedrus atlantica* et de *Juniperus thurifera*. En effet, dans les hautes montagnes nord-africaines, les steppes altitudinales à xérophytes épineux en coussinet peuvent soit représenter une formation climacique au-dessus de la ligne climatique des arbres, ou au contraire, constituer une forme de dégradation de la cédraie, de la thuriféraie ou même de l'illicie d'altitude (Quézel, 1957 ; Le Houérou, 1995).

Le cortège floristique de ces steppes est composé essentiellement par des espèces bien adaptées aux conditions écologiques extrêmes telles que:

*Astragalus armatus*, *Berberis hispanica*, *Bromus scoparius*, *Cerastium gibraltarium*, *Crataegus orientalis*, *Juniperus thurifera*, *Linaria tristis subsp. pectinata*, *Marrubium ayardii*, *Medicago suffruticosa*, *Alyssum spinosum*, *Satureja barboriensis*, *Satureja alpina subsp. meridionalis*, *Sedum forsterianum*, *Prunus prostrata* et *Umbilicus rupestris*.

### **III Matorral**

Le matorral est un terme d'origine espagnole qui a été utilisé par Ionesco et Sauvage (1962) au Maroc pour désigner des formations de ligneux bas ne dépassant pas 7 m de hauteur. Ces formations prennent d'autres dénominations selon la taille des arbres, la nature de la roche mère : garrigues et maquis français, chaparrals californiens, Mallee australien. Il s'agit de la forme la plus typique de la végétation méditerranéenne (Di Castri, 1981). En région méditerranéenne, les matorrals sont considérés généralement comme des stades de régression des écosystèmes forestiers (Quezel, 1979).

Dans la vallée Zloul, le matorral s'étend sur une grande partie de la forêt Beni Sohane. Fort probablement, il résulte d'une série de dégradations naturelles et anthropozoïques de forêts sclérophylles essentiellement de *Quercus ilex* (Photo 8). Il s'agit généralement de taillis de *Quercus ilex* en mosaïque avec d'autres espèces arborescentes méditerranéennes telles que : *Juniperus oxycedrus*, *Juniperus phoenicea*, *Tetraclinis articulata*, *Arbutus unedo*, *Olea europaea subsp. oleaster*, *Pinus halepensis* (introduit), *Pistacia lentiscus*. Le cortège floristique de ce matorral est caractérisé par les espèces suivantes :

*Cistus salviifolius*, *Cistus villosus*, *Genista quadriflora*, *Globularia alypum*, *Phillyrea angustifolia*, *Stipa capensis*, *Chamaerops humilis*, *Ampelodesmos mauritanicus*, *Centaurium erythraea*, *Thymus munbyanus subsp. ciliatus*, *Thymus munbyanus subsp. munbyanus*, *Ebenus pinnata*, *Teucrium pseudo-chamaepitys*, *Teucrium fruticans*, *Helianthemum syriacum* et *Helianthemum helianthemoides*.



**Photo 8 : Matorral naturel (non reboisé)**

#### **IV Formations oléicoles**

La culture d'olivier est relativement récente dans la vallée Zloul, ce n'est que vers les années 70 du siècle dernier que les premiers vergers d'olivier ont commencé à être implantés au fond de la vallée sur des terrains à faibles pentes. Ces plantations ont été longtemps soutenues par l'Etat en octroyant aux agriculteurs des plants gratuits (olivier et amandier) durant les périodes des années soixante-dix et quatre-vingt. Dès lors, les plantations d'olivier ont commencé à regagner du terrain jusqu'à atteindre actuellement 5000 Ha et à des altitudes relativement élevées dépassant les 1300 m. Ainsi, des terrains ont été complètement déboisés pour céder la place aux nouvelles plantations d'olivier (Photo 9).

Avec l'introduction de l'oléiculture, la mise en défens des vergers d'olivier au pâturage a progressivement réduit les parcours. Les nouveaux arboriculteurs ont été contraints d'interdire le pâturage aussi bien au niveau des parcelles plantées qu'au niveau des terrains avoisinants puisque les vergers sont généralement non clôturés. A cet effet, la majorité des habitants de ces zones oléicoles ont abandonné leur mode de vie ancestral de pasteur.

Les plantations d'olivier peuvent être caractérisées par des superficies relativement petites, inférieures à 1 Ha avec des écartements entre arbres et entre lignes variables et parfois inconstants allant de 4 à 10 m. Les espacements entre les lignes sont rarement exploités par des cultures vivrières, essentiellement des légumineuses et des céréales. Les plantations sont généralement peu entretenues, le sol non travaillé laisse pousser une végétation spontanée

composée essentiellement par des espèces thérophytes. Les principales espèces rencontrées sont:

*Anacyclus clavatus, Ebenus pinnata, Palenis spinosa, Crepis vesicaria, Catananche caerulea, Trifolium angustifolium, Althaea longiflora, Echium plantagineum, Phagnalon saxatile, Ornithogalum narbonense, Coronilla scorpioides, Ammoides pusilla, Lolium rigidum, Atractylis cancellata, Lomelosia stellata, Anchusa italica, Silene vulgaris, Podospermum laciniatum, Salvia argentea, Rhagadiolus stellatus, Papaver rhoeas, Rhaponticum acaule, Reseda alba, Hedypnois rhagadioloides, Asphodelus ramosus, Chamaerops humilis, Galactites tomentosus, Scolymus hispanicus, Hordeum murinum, Trifolium stellatum, Eryngium campestre, Rumex thyrsoides, Sonchus tenerrimus, Andryala integrifolia, Campanula dichotoma, Rumex bucephalophorus, Geranium rotundifolia, Arisarum vulgare, Sonchus asper, Polycarpon tetraphyllum, Biscutella didyma, Satureja rotundifolia, Erodium cicutarium, Convolvulus sabatius subsp. mauritanicus, Marrubium vulgare, Carduus pycnocephalus, Phagnalon rupestre, Stipa tenacissima, Helianthemum apenninum, Thymus munbyanus subsp. ciliatus, Brachypodium retusum et Arbutus unedo.*



**Photo 9 : Végétation spontanée des plantations d'olivier**



Ces plantations en tant que réserve biologique présentent un intérêt inestimable en ces temps difficiles d'érosion de la biodiversité, comme banque à semences régionale, mise à l'abri contre l'invasion du pâturage non raisonné.

### **V Reboisement de pin d'Alep (*Pinus halepensis*)**

La forêt Beni Sohane a connu aussi une pression anthropozoïque importante. Les actes d'ébranchage, d'écimage et de coupe de pieds conjugués au surpâturage ont causé la disparition complète de la strate arborée au niveau de certains endroits. Pour remédier à cette situation, les services des Eaux et Forêts ont entrepris depuis les années 70 du siècle dernier des travaux de reboisement sur une superficie d'environ 3000 Ha. Hormis quelques sujets de pin des canaries *Pinus canariensis*, le pin d'Alep *Pinus halepensis* reste la seule espèce utilisée pour restaurer la forêt Beni Sohane.

Au Maroc, le *P. halepensis* constitue la principale espèce résineuse reboisée en raison de sa plasticité écologique, de son rendement et de son importance économique (**Alaoui et al., 2011**). Les plantations de pin ont été effectuées au niveau des endroits les plus dégradés de la forêt, des clairières et même dans les moindres espaces non arborés (Photo 10). Elles ont été effectuées en trois principales périodes :

- La première période : 1975 à 1978.
- La deuxième période : 1983 à 1985.
- La troisième période : 2000 à 2010.

Le *P. halepensis* est une espèce expansionniste (**Bonin et al., 2007**), non indigène. Son introduction risque de changer la physiologie du matorral. A l'âge adulte, il peut surplomber toutes les autres espèces arborescentes en formant une canopée qui ombrage tout le couvert végétal.

Le cortège floristique de ces parcelles de reboisement est composé essentiellement par les espèces suivantes :

*Brachypodium retusum*, *Carlina racemosa*, *Centaurea erythraea*, *Cistus salviifolius*, *Cistus villosus*, *Genista quadriflora*, *Globularia Alypum*, *Phillyrea Angustifolia*, *Chamaerops humilis*, *Ampelodesmos mauritanicus*, *Phagnalon rupestre*, *Ebenus pinnata*, *Helianthemum syriacum* et *Helianthemum helianthemoides*.



**Photo 10 : Matorral reboisé par *Pinus halepensis***

## VI Cédraie

Au Maroc, la cédraie occupe une superficie d'environ 160 000 Ha, ses limites altitudinales se situent entre 1 400 et 2 400 m (Mhirit, 1999). Elle se situe dans la zone d'étude au niveau du versant nord de Jbel Ramouz (Photo 11). Les premiers sujets de *Cedrus atlantica* apparaissent à partir de 1 500 m. Il s'agit d'une vieille cédraie relictuelle qui occupe une tranche altitudinale comprise entre 1 770 et 1 890 m. Malgré la présence de quelques sujets écimés et d'autres dégénérés, la population reste encore en bonne santé grâce à la protection des services des Eaux et Forêts.

La régénération naturelle de la cédraie est quasi inexistante. Certes, elle dépend de plusieurs facteurs tels que la nature du substrat et du sol, l'altitude, l'exposition, le recouvrement de la végétation et le climat. Toutefois, l'action anthropozoogène reste le facteur déterminant dans ce processus de régénération (Addar et al, 2016 ; Ezzahiri, et al. 1994).

La strate arborescente est dominée par le cèdre. Il est accompagné par le chêne vert *Quercus ilex*, le genévrier oxycèdre *Juniperus oxycedrus* et le genévrier thurifère *Juniperus thurifera*. La strate arbustive est constituée essentiellement par *Crataegus laciniata*, *Berberis hispanica* et *Prunus prostrata*.

Le cortège floristique de la cédraie est caractérisé par les espèces suivantes :  
*Cerastium gibraltaricum*, *Cytisus purgans* subsp. *balansea*, *Dactylis glomerata*, *Galium aparine*, *Juniperus oxycedrus*, *Juniperus thurifera*, *Linaria tristis* subsp. *pectinata*,

*Marrubium ayardii*, *Medicago suffruticosa*, *Ornithogalum kochii*, *Orlaya daucoïdes*, *Poa bulbosa subsp. bulbosa*, *Prunus prostrata*, *Quercus ilex*, *Rosa micrantha*, *Satureja alpina subsp. meridionalis*, *Saxifraga dichotoma*, *Satureja baborensis* et *Umbilicus rupestris*.



**Photo 11 : Cédraie de Jbel Ramouz**

## **VII Chênaie**

Au Maroc, le chêne vert est la première essence forestière par sa surface de 1 415 201 ha et par sa production en bois de feu (FAO, 2015). Il s'agit d'une espèce plastique et rustique, dont la tranche altitudinale se situe entre 300 m et 2.700 m. Son expansion partout est due au fait qu'elle est très tolérable tant aux différents climats qu'aux types de sols.

Dans notre zone d'étude, une chênaie pure couvre le versant nord de Jbel Ramouz au niveau de la tranche altitudinale allant de 1500 à 1700 m d'altitude. Elle est représentée par l'espèce *Quercus ilex* sous forme de fûtée encore bien préservée. Elle témoigne encore de l'état des chênaies qui prédominaient jadis dans toute la vallée Zloul (Photo 12).

Les principales espèces du cortège floristique de la chênaie sont les suivantes :

*Aegilops neglecta*, *Anacyclus clavatus*, *Anthyllis vulneraria subsp. maura*, *Asperula hirsuta*, *Bombycilaena discolor*, *Brachypodium distachyon*, *Carlina brachylepis*, *Catananche caerulea*, *Centaurea involucreta*, *Cerastium gibraltarium*, *Crataegus orientalis*, *Echinaria capitata*, *Filago pygmaea*, *Helictochloa bromoides*, *Juniperus oxycedrus*, *Medicago minima*,

*Medicago truncatula*, *Ornithogalum kochii*, *Paronychia chlorothyrsa*, *Poa bulbosa* L. subsp. *bulbosa*, *Rumex thyrsoides*, *Satureja rotundifolia*, *Satureja baborensis*, *sedum forsterianum*, *Thymus munbyanus* subsp. *munbyanus*, *Trifolium arvense*, *Trifolium stellatum*, *Umbilicus rupestris* et *Vulpia myuros*.



**Photo 12 : Chênaie en futaie de Jbel Ramouz**

### **VIII Oxycédraie**

L'oxycédraie a quasiment disparu. La strate arborescente est réduite à un peuplement parsemé de *Juniperus oxycedrus* (Photo 13). Elle pousse sur un sol très rocailleux. La dégradation de l'oxycédraie pourrait contribuer aussi à amplifier les processus d'érosion du sol et par suite l'affleurement des roches à la surface. L'oxycédraie proprement dite occupe la tranche altitudinale allant de 1370 jusqu'à 1530 m, alors que des pieds isolés peuvent se rencontrer à différentes altitudes. Le genévrier oxycède est un habituel compagnon du chêne vert (**Lecompte 1986**), il a des particularités remarquables qui devraient le mettre en avant plan pour le reboisement : rustique, peu exigeant de point de vue écologique, producteur de l'huile de cade. Il présente aussi un pouvoir de régénération naturel relativement important, on le retrouve en grande touffe de régénération de différents âges, sur des flancs très rocailleux complètement lessivés. Il est également très peu appétent pour le bétail.

Le cortège floristique est caractérisé par les espèces suivantes :

*Aegilops neglecta*, *Ajuga pseudoiva*, *Anacyclus clavatus*, *Anchusa italica*, *Andryala integrifolia*, *Anisantha madritensis*, *Anthyllis vulneraria*, *Antirrhinum barrelieri*, *Berberis hispanica*, *Biscutella didyma*, *Bupleurum spinosum*, *Carduus ballii*, *Carduus pycnocephalus*, *Centaurea pullata*, *Centaurea calcitrapa*, *Chamaerops humilis*, *Convolvulus arvensis*, *Convolvulus sabatius subsp. mauritanicus*, *Cynoglossum clandestinum*, *Erodium cicutarium*, *Eryngium campestre*, *Filago pygmaea*, *Filago pyramidata*, *Hedypnois rhagadioloides*, *Hypochaeris achyrophorus*, *Leontodon saxatilis*, *Marrubium vulgare*, *Medicago truncatula*, *Micropus supinus*, *Ornithogalum kochii*, *Papaver rhoeas*, *Paronychia chlorothyrsa*, *Poa bulbosa*, *Quercus ilex*, *Rumex thyrsoides*, *Satureja rotundifolia*, *Scorzonera undulata*, *Silene colorata*, *Thymus munbyanus subsp. munbyanus*, *Trifolium stellatum*, *Tripodion tetraphyllum* et *Urginea maritime*.



**Photo 13 : Oxycédraie parsemée de Jbel Ramouz**

## **IX Conclusion**

Notre zone d'étude présente une physiologie de végétation très diversifiée. Cela résulte de la diversité des situations topographiques et altitudinales (800 à 2331 m), des expositions, des conditions microclimatiques et édaphiques. En montant vers le sommet du versant nord de Jbel Ramouz, se succèdent différentes formations végétales, l'oxycédraie, la chênaie, la cédraie et la steppe à xérophytes épineux.

Deux zones très différentes se font distinguer sur le plan physiologique et par l'état de leur dégradation, bien qu'elles aient coexisté à travers les temps. L'exposition au soleil et aux vents humides ont accentué l'écart entre le versant nord et le versant sud.

La physiologie actuelle de la végétation de la vallée Zloul est le résultat aussi de l'impact anthropique qui a profondément façonné ces paysages. Il semble que cette diversité physiologique devrait conférer à notre zone d'étude une diversité floristique importante.

## **CHAPITRE 2 :**

## **Etude floristique**

## I Introduction

La région méditerranéenne est caractérisée par une richesse floristique élevée et exceptionnelle, estimée à 30 000 espèces et sous-espèces, soit environ 10 % des végétaux supérieurs du globe présents sur seulement 1,6 % de la surface terrestre (**Medail et Quezel, 1997**). Cette richesse résulte des multiples événements paléogéographiques et cycles climatiques contrastés, survenus durant le Pliocène et le Pléistocène (**De Beaulieu et al., 2005 ; Medail et Quezel, 1997**).

Le Maroc abrite une flore diversifiée, suite aux flux directs, à travers les temps géologiques, d'espèces de l'Europe en général et de la Méditerranée en particulier. Cette flore compte environ 4 500 espèces et sous-espèces appartenant à 940 genres et 135 familles (**Birouk et al., 1995**).

Depuis le début du Néolithique, les forêts méditerranéennes ont été profondément perturbées par l'action de l'Homme surtout au cours du dernier siècle (**Allen, 2001**), elles représentent un milieu naturel fragile (**Quézel et Barbero, 1990**).

Au Maroc, Les ressources naturelles des écosystèmes forestiers représentent encore le principal moyen de subsistance pour une grande partie des populations montagnardes. Ainsi, en plus de la pression anthropozoïque, le stress climatique méditerranéen a augmenté la vulnérabilité de ces écosystèmes et a causé une rupture généralisée de leur équilibre naturel (**Benabid et Fennane, 1994**).

Au cours de la deuxième moitié du siècle dernier, la vallée Zloul a connu une dégradation importante manifestée surtout par la disparition totale de la strate arborée au niveau des versants sud de Jbel Lakraâ et leur colonisation par le *Chamaerops humilis*. La colonisation de ces versants par une espèce anthropique telle que le *C. humilis* pourrait être considérée comme une évolution régressive de ces écosystèmes (**Quézel et al., 1992**).

Au Maroc, plusieurs études ont mis en évidence l'impact anthropozoïque négatif sur la diversité floristique des écosystèmes forestiers (**Benabid, 1985 ; Leguet, 2008 ; Mhirit et Et-Tobi, 2010**).

Alors que, la mise en défens a un impact positif sur la restauration écologique des écosystèmes (**Abourouh, et al., 2005 ; Foudil et al., 2015 ; Floret et Pontanier, 1982 ; Maatougui et al., 2013 ; SER, 2004**). Toutefois, lorsque la pression de pâturage est raisonnable et bien répartie dans le temps, les animaux contribuent à la bonification des sols et augmentent la diversité végétale (**Gamoun et al., 2012 ; Le Floc'h, 2001 ; Rakotoarimanana et al., 2008 ; Tarhouni et al., 2017**).



La vallée Zloul présente un intérêt particulier. En fait, elle a subi une dégradation massive suivie d'une restauration de préservation et une reforestation des zones dégradées par le *Pinus halepensis*. De plus, elle n'a jamais fait l'objet d'une évaluation scientifique de la biodiversité. Il pourrait donc s'agir d'un exemple typique d'exploration de la dynamique des écosystèmes, d'étude de l'impact de la mise en défens sur la composition floristique et surtout désormais une référence des listes de végétaux existant ou ayant existé dans les montagnes du nord du Maroc. La tâche semble difficile en l'absence de parcelles vierges permettant de comparer la végétation naturelle et anthropique, notamment sur une période relativement longue.

L'évaluation floristique de ces écosystèmes en rapide mutation pourrait contribuer à leur exploration et à évaluer l'état de leur dégradation. D'autant plus que, la végétation peut être considérée comme le reflet fidèle et l'expression synthétique des conditions du milieu (**Béguin et al., 1979 ; Rameau, 1988**). A cet effet, nous avons procédé à des relevés floristiques au niveau de la vallée pendant trois années d'échantillonnages successives. Ainsi le présent chapitre traitera la méthodologie et l'analyse des résultats des relevés floristiques effectués sur 122 relevés floristiques.

## **II Matériel et méthodes**

La vallée Zloul, objet de notre étude, présente des unités physiologiques bien distinctes en fonction de leur situation topo-géographique et de l'ampleur de la pression anthropozoïque. Ceci lui confère une richesse floristique diversifiée et hétérogène. L'étude floristique vise d'explorer cette flore par la réalisation de relevés floristiques le long de deux transects parallèles qui recoupent la vallée sur toute sa largeur.

### **II.1 Echantillonnage**

L'échantillonnage est une phase essentielle dans toute étude scientifique. Dans l'impossibilité d'étudier l'intégralité de la population, seul un échantillon de cette population est exploré. L'échantillonnage est le processus qui a pour objet de prélever dans une population l'échantillon qui sera réellement observé (**Dagnelie, 1970**). Le choix des lieux de relevés floristiques est une étape cruciale, elle nécessite une bonne connaissance du terrain de la flore et de la région. En effet, **Guinochet (1973)** considère que le choix intuitif des lieux de relevés est réalisé selon les connaissances phytosociologiques et l'écologie de la région. Un bon relevé doit refléter une image le plus fidèlement possible de la communauté de plantes présente sur le terrain (**Delpech, 2006**).

La méthode d'échantillonnage doit assurer la représentativité de la population (**Dagnelie, 1970**). Nous avons opté pour la méthode des transects qui consiste à un dispositif de tracé linéaire. Cette méthode a été utilisée pour couvrir au maximum la diversité topographique, géologique, géomorphologique et végétale du terrain.

Les relevés floristiques ont été réalisés au niveau de 2 transects parallèles distants d'environ 14 km, orientés nord-sud, et qui recoupent perpendiculairement la vallée :

- Le premier transect commence du côté nord par le sommet de Jbel Lakraâ à une altitude de 1618 m et descend jusqu'au niveau de l'Oued Zloul à environ 820 m. Il traverse la chamaeropaie du versant sud de Jbel Lakraâ, les parcelles oléicoles mises en défens et les parcelles des districts Rokaa et Lachraf de la forêt Beni Sohane.

- Le deuxième transect commence par le versant sud de Jnab Diss avec un autre type de formation végétale : la dissaie et se termine au niveau du sommet de Jbel Ramouz. Il traverse la dissaie de Jnab Diss, les parcelles oléicoles mise en défens, les parcelles des districts Rokaa et Souk Bali de la forêt Beni Sohane et les forêts relictuelles de Jbel Ramouz.

Les relevés floristiques essentiels ont été effectués suivant le sens des 2 transects sus mentionnés. Toutefois, nous avons procédé à des relevés floristiques complémentaires en zigzag dans certains endroits qui disposent d'une grande biodiversité et ce afin de relever le maximum de diversité floristique. Nous avons procédé aussi par des petits transects parallèles dans d'autres endroits pour explorer les différents habitats en tenant compte de l'exposition des versants, de l'altitude et de la géomorphologie (**Guinochet, 1973**).

Le relevé floristique consiste à inventorier toutes les espèces végétales des différentes strates dans une surface délimitée préalablement en fonction des types de végétation. La surface minimale du relevé doit être suffisamment grande ou au moins égale à l'aire minimale pour contenir la quasi-totalité des espèces présentes (**Guinochet, 1973**). En régions méditerranéennes, cette surface varie souvent entre 400 m<sup>2</sup> pour les groupements forestiers et 50 à 100 m<sup>2</sup> pour les formations de steppes. Ainsi, nous avons opté pour des placettes de :

- 100 m<sup>2</sup> pour les formations steppiques et oléicoles.
- 400 m<sup>2</sup> pour les formations de matorrals et forêts.

122 relevés ont été effectués pendant les mois de mai de 2015, 2016 et 2017, période qui coïncide avec le plein développement de la strate herbacée et arbustive. Les plantes des herbiers constitués ont été déterminées à l'aide notamment de la flore pratique du Maroc (**Fennane et al., 1999; 2007; 2014**) et de l'amabilité de certains chercheurs. La systématique des taxons adoptée est la classification APG IV (**Chase et al., 2016**). Chaque espèce est accompagnée par l'indice abondance-dominance de Braun Blanquet (**Braun-Blanquet,**

2013). Il ne s'agit pas d'une véritable mesure mais plutôt d'une estimation visuelle repérable subjective d'un coefficient composite de deux paramètres :

- l'abondance, elle indique la densité ou le nombre d'individus qui forment la population d'un taxon au niveau du relevé.
- La dominance, elle exprime le recouvrement de ces individus ou la projection de leur appareil végétatif aérien sur le sol.

Les valeurs proposées par **Gounot, (1969)** correspondent aux médianes des classes de Braun-Blanquet (Tableau16). Nous avons opté pour ces valeurs lors du calcul des indices de diversité de Shannon-Weaver et d'équitabilité.

**Tableau 16 : Coefficient d'Abondance-Dominance Braun Blanquet et recouvrements moyens**

Coefficient d'Abondance- Dominance	Pourcentage de recouvrement de l'espèce	
	<b>(Braun-Blanquet, 1951)</b>	<b>(Gounot, 1969)</b>
5	Supérieur à 75%	87.5
4	Compris entre 50% et 75%	62.5
3	Compris entre 25% et 50%	37.5
2	Compris entre 5% et 25%	17.5
1	Inférieur à 5%	5
+	Très peu abondant	0.1
R	Espèce très rare	-

## II.2 Collecte des données floristiques

Les caractéristiques écologiques des relevés sont utiles pour une interprétation ultérieure de la composition floristique. Ainsi, pour chaque relevé, nous avons renseigné ses coordonnées géographiques et les descripteurs écologiques suivants (voir tables floristiques en annexes 2) :

- Les coordonnées géographiques et l'altitude ont été relevées par un appareil GPS.
- La pente a été estimée visuellement en pourcentage.
- L'orientation à l'aide d'une boussole à main.
- Les types de substrat adoptés pour la zone d'étude sont ceux définis par l'étude d'aménagement de la forêt Beni Sohane et de l'étude des bassins versants du barrage Allal El Fassi. Ils ont été vérifiés sur le terrain par nos observations au niveau des profils naturels (Oueds, talweg, ....) ou parfois lorsque le sol est complètement dénudé par l'érosion.

### II.3 Diversité floristique

#### II. 3. 1 Indice de Shannon-Weaver (H')

La diversité floristique a été mesurée par l'indice de Shannon-Weaver (H') qui calcule l'abondance des espèces en tenant compte de leur nombre et de la répartition des individus au sein de ces espèces. Elle est exprimée par la fonction de la probabilité  $P_i$  de présence de chaque espèce  $i$  par rapport au nombre total d'individus (**Dajoz, 2003**), selon la formule suivante :

$$H' = \sum_{i=1}^s p_i \log_2 p_i$$

$P_i = n_i / N$ .

$n_i$  : Recouvrement de l'espèce  $i$  dans le relevé.

$N$  : Somme des recouvrements de l'ensemble des espèces  $S$ .

#### II. 3. 2 Indice d'équitabilité de Pielou (E)

La diversité floristique est exprimée aussi par l'indice d'équitabilité de Pielou (E) qui complète l'indice Shannon-Weaver. Il renseigne sur la structure d'abondance relative des espèces ou leur distribution (**Barbault, 1993**). Il est exprimé par la formule suivante :

$$E = \frac{H'}{\log_2 S}$$

$H'$  : Indice Shannon-Weaver.

$S$  : Nombre total des espèces.

### II.4 Spectre biologique des formations végétales

Le spectre biologique consiste à déterminer la proportion des types biologiques d'espèces de plantes qui composent un milieu donné. Il caractérise la physionomie et la structure de la végétation qui reflètent les conditions du milieu ambiant. Les espèces répertoriées par les relevés floristiques ont été classées selon les types biologiques de **Raunkiaer (1934)**, basés sur le positionnement des méristèmes en dormance ou organes de survie durant la saison difficile :

- les phanérophytes (Ph) : Ce sont des arbres ou des arbustes dont les méristèmes sont protégés au cours de la saison défavorable par des structures temporaires de résistance

(bourgeons). Les bourgeons végétatifs sont situés à l'extrémité des tiges ligneuses assez loin du sol à une hauteur à plus de 50 cm au-dessus du sol.

- Les chamaéphytes (Ch) : Ce sont des arbustes dont les bourgeons dormants sont situés à moins de 50 cm de la surface du sol. Dans les climats à hivers très froids, ces bourgeons sont censés être protégés par la neige.

- Les hémicryptophytes (H) : Ils sont représentés par des plantes à feuilles en rosette. La partie aérienne disparaît entièrement à la mauvaise saison. Les méristèmes dormants sont situés à la surface du sol.

- Les géophytes ou cryptophytes (G) : Les méristèmes dormants se situent sous la surface du sol et toute la partie aérienne meurt à la mauvaise saison. Selon la nature de l'organe de conservation souterrain, ce type biologique peut être classé en géophyte à bulbe, à tubercule ou à rhizome.

- Les thérophytes (T) : Ce sont des plantes annuelles qui germent après l'hiver. Au cours de la saison défavorable, l'ensemble de la plante meurt et seule la graine persiste jusqu'à l'avènement de conditions favorables à la germination.

## **II.5 Indice de perturbation**

Nous avons évalué le degré de perturbation des groupes de relevés par le calcul de l'indice de perturbation (IP) (Loisel et Gamila, 1993). Il est estimé par la formule ci-après :

$$IP = \frac{\text{Chaméphytes} + \text{Thérophytes}}{\text{Nombre total des espèces}}$$

## **II.6 Analyse des données**

L'analyse factorielle des correspondances (AFC) a été choisie comme méthode d'ordination des relevés floristiques et de mise en évidence des gradients. Cette méthode permet de représenter dans un même espace et de manière symétrique, des relevés et des espèces, de telle sorte que chaque espèce se localise au sein du groupe de relevés auquel elle est la plus étroitement liée (Lacoste, 1972). Elle représente l'une des meilleures techniques d'ordination appliquée au traitement des données phytosociologiques (Géhu, 1980). Les traitements statistiques ont été réalisés par le logiciel IBM SPSS Statistics 22.

## II.7 Identification et codage des espèces

Les espèces relevées sur le terrain ont été identifiées selon la nomenclature binaire genre-espèce. Pour certaines plantes, la classification pourrait comporter aussi le nom de la sous espèce, et ce lorsque les caractères morphologiques le permettent.

Les plantes ont été identifiées par l'utilisation de la Flore pratique du Maroc (**Fennane et al., 1999 ; 2007 ; 2014**). Celle-ci représente actuellement un outil incontournable pour toute étude floristique au Maroc, puisqu'elle synthétise et capitalise tous les travaux et les connaissances botaniques du Maroc de plus de deux siècles.

L'identification des plantes relevées dans la zone d'étude a été réalisée à l'aide des botanistes de l'Institut Scientifique de Rabat et du Conservatoire de Genève :

- Des espèces ont été identifiées par nos soins et validées par le professeur Ibn Tatou.
- Des espèces ont été identifiées par les professeurs IBN TATOU Mohamed et FENNANE Mohamed de l'Institut Scientifique de Rabat
- Des plantes ont été envoyées au Conservatoire de Genève. Elles ont été identifiées par le professeur CHATELLAIN Cyrille.

Les noms latins des espèces ont été classés par ordre alphabétique dans un tableau floristique. Ainsi une matrice de données brutes a été obtenue en combinant les 122 relevés floristiques et les 346 espèces identifiées. Vu le grand nombre de combinaisons obtenues et afin de pouvoir faciliter la lecture des mapping de l'Analyse Factorielle des Correspondances, les espèces végétales ont été codées par les premières initiales des noms du genre et de l'espèce. Les 3 premières lettres du genre et les 2 premières lettres des espèces constituent le code de chaque plante. Soit un total de 5 lettres. Dans certains cas, une sixième lettre qui correspond à la première initiale de la sous espèce est ajoutée pour différencier entre deux taxons du même genre et de même espèce.

## III Résultats et discussion

### III.1 Interprétation des plans factoriels

L'analyse Factorielle des Correspondances (AFC) permet la projection du nuage de points d'espèces et de relevés sur des plans factoriels. Nous avons retenus les trois premiers axes, vu l'ordre décroissant d'informations données par les axes factoriels pour expliquer et analyser les nuages de points (**Dervin, 1988**). Ils englobent 11.9 % de l'inertie totale avec des contributions partielles respectives de 5.1 %, 4.0 % et 2.8 % (Tableau 17).

Tableau 17 : Valeurs propres et taux d'inertie des axes factoriels de l'AFC

Axes	1	2	3
Valeurs propres	0,895	0,797	0,971
Taux d'inertie %	5.1	4.0	2.8
Cumul %	5.1	9.1	11.9

### III. 1. 1 Analyse des relevés

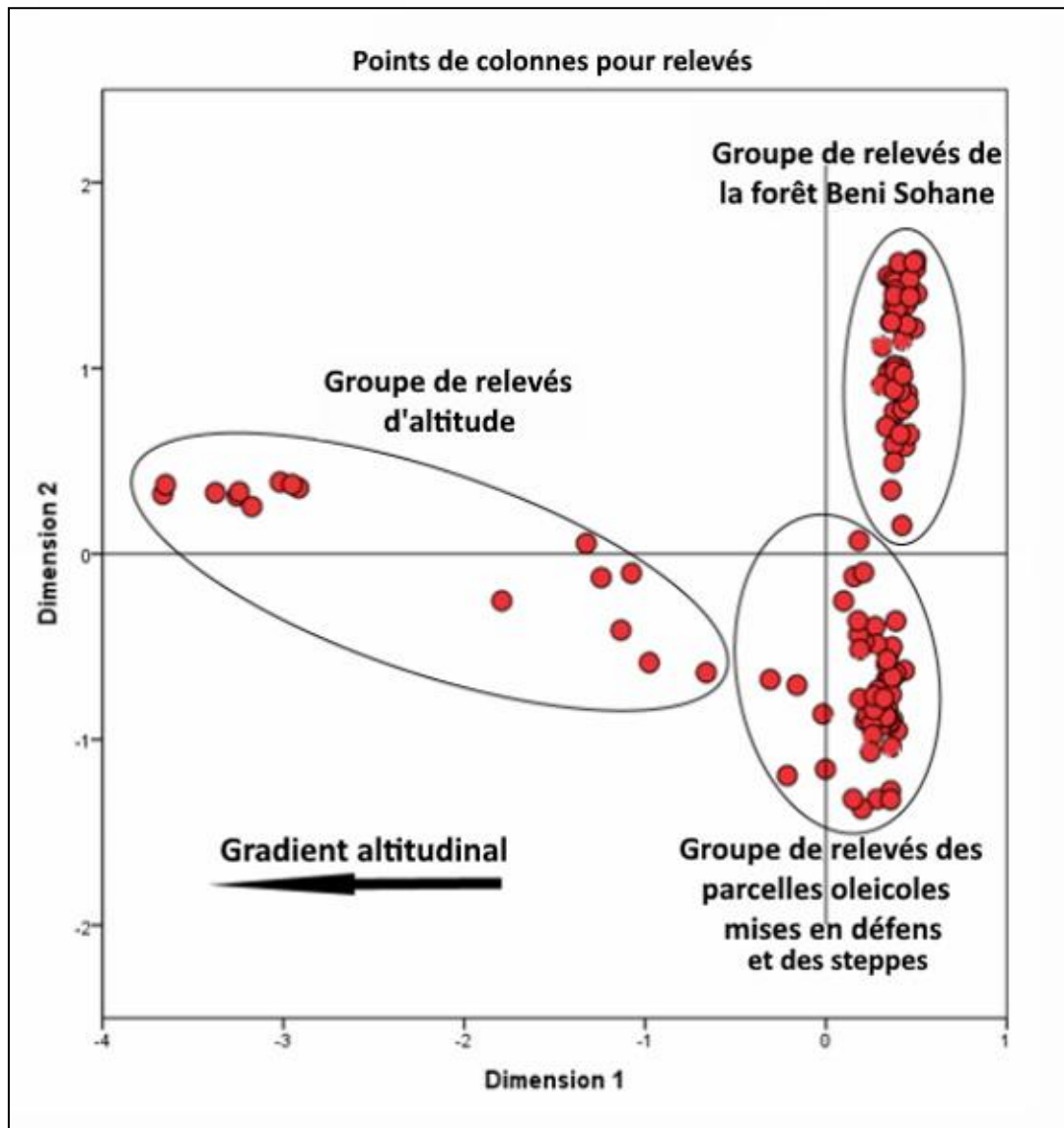
Le traitement numérique des données recueillies sur 122 relevés floristiques et 346 espèces de plantes vasculaires par l'Analyse Factorielle des Correspondances (AFC) a permis en premier lieu d'identifier 3 groupes de relevés bien distincts sur le plan factoriel 1-2 (figure 18). Le groupe des relevés d'altitude du versant nord de Jbel Ramouz s'individualise au niveau de la partie négative de l'axe 1. Quant au deuxième axe, il met en opposition le groupe de relevés de la forêt Beni Sohane et le troisième groupe de relevés où la forêt a disparu des parcelles oleicoles, des versants sud de Jbel Lakraâ et Jnab Diss.

Au niveau du plan factoriel 1-3, l'axe n°3 individualise les relevés en 3 groupes (figure 19):

- Le groupe de relevés de la forêt Beni Sohane relativement protégés par les services des Eaux et Forêts, se situent dans la partie médiane de l'axe.
- Le groupe de relevés des parcelles oléicoles mises en défens au niveau du pôle positif.
- Le groupe de relevés des steppes des versants sud de Jbel Lakraâ et Jnab Diss se regroupent au niveau du côté négatif. Ces relevés sont caractérisés par l'absence totale de la strate arborescente.

Il semble que la répartition des groupes de relevés est déterminée par deux principaux gradients :

- Un gradient altitudinal dont dépendent les principaux paramètres climatiques et qui représente un facteur déterminant dans la répartition de la végétation. Il individualise d'une part le groupe de relevés d'altitude de Jbel Ramouz dont l'altitude est relativement élevée (1 377 à 2 006 m) par rapport aux autres groupes qui ne dépassent guère 1 618 m au sommet de Jbel Lakraâ. D'autre part, il ordonne les relevés de Jbel Ramouz selon un ordre altitudinal croissant le long du premier axe du côté négatif (Figure 18). Il représente ainsi en montant vers le sommet du mont, la succession des étages de végétation (l'oxycédraie, la chênaie, la cédraie et la steppe à xérophytes épineux en coussinet).



**Figure 18 : Carte des relevés. Plan 1-2**

- Un gradient anthropozoïque qui permet d'individualiser la végétation en 3 groupes (Figure 19). Le groupe des parcelles oléicoles mises en défens où la végétation spontanée est protégée contre le bétail. Le groupe de relevés de la forêt Beni Sohane qui est relativement protégée par les services des Eaux et Forêts. Le groupe de relevés des steppes des versants sud de Jbel Lakraâ et de Jnab Diss les plus dégradées qui sont soumis à une forte pression anthropozoïque et où la strate arborescente a complètement disparu.



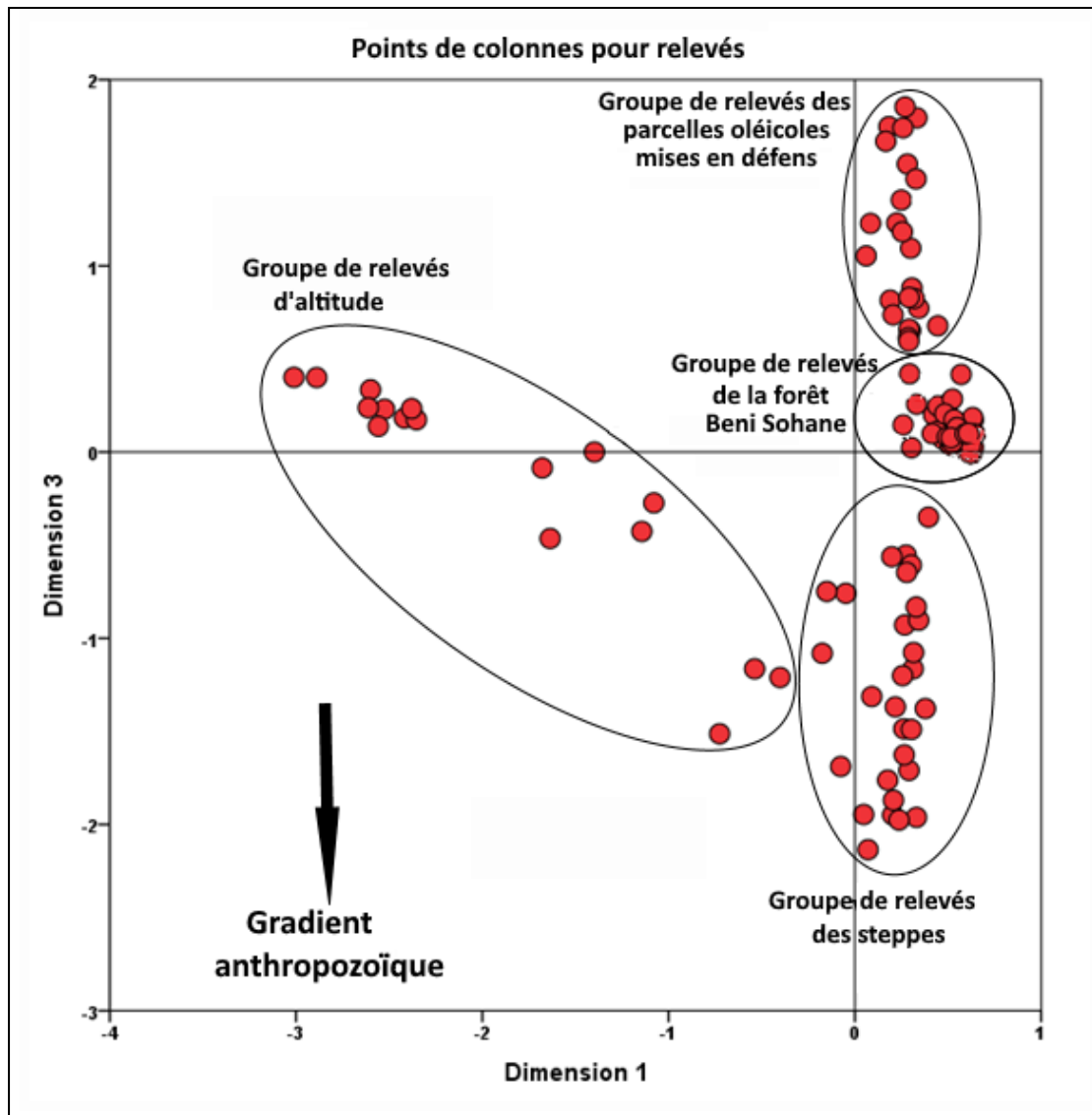


Figure 19 : Carte des relevés. Plan 1-3

### III. 1. 2 Analyse des espèces

L'Analyse Factorielle des Correspondances (AFC) de 346 espèces n'a pas permis d'individualiser des groupes d'espèces bien distincts (Figures 20). Nous avons procédé à une réduction progressive des espèces qui présentent une faible contribution à l'inertie des axes des mapping. Ainsi, seules les espèces dont les contributions sont supérieures à la moyenne arithmétique des contributions relatives de toutes les espèces ont été prises en compte. Soit un total de 104 espèces ont été retenues et analysées par une AFC partielle, ce qui a permis une meilleure lecture du mapping et une individualisation de 3 groupes d'espèces bien distincts (Figure 21).

### III.1.2.1 Groupe des espèces d'altitude

Le groupe des espèces d'altitude s'individualise du côté négatif de l'axe 1. Il correspond au groupe de relevés d'altitude (figure 22). Il regroupe des espèces relevées au niveau du versant nord de Jbel Ramouz. Différents peuplements préforestiers et forestiers se succèdent en montant progressivement vers le sommet. L'oxycédraie débute la marche à partir de 1 370 m jusqu'à 1 530 m avec des peuplements relictuels dispersés. Au niveau de la tranche altitudinale 1 510-1 660 m, une chênaie en futaie subsiste encore. A partir de 1 770 m, une vieille cédraie relictuelle prend place jusqu'à 1 890 m. Au-delà, les espèces xérophytes en coussinet dominant la tranche altitudinale 1 900-2 331m.

Le cortège floristique est composé par les principales espèces :

*Astragalus armatus*, *Berberis hispanica*, *Bromus scoparius*, *Crataegus orientalis*, *Juniperus thurifera*, *Linaria tristis subsp. pectinata*, *Marrubium ayardii*, *Medicago suffruticosa*, *Alyssum spinosum*, *Satureja barboriensis*, *Satureja alpina subsp. meridionalis*, *Sedum forsterianum*, *Prunus prostrata* et *Umbilicus rupestris*.

Le groupe des espèces d'altitude rassemble des espèces d'ambiance sylvatiques abritées par des forêts relictuelles du Jbel Ramouz. Celles-ci caractérisent des forêts de hautes altitudes plus ou moins fermées ou des pelouses de hautes montagnes (Quézel, 1957). La vieille cédraie est relativement préservée, il n'a pas été constaté des coupes de bois, certainement à cause de sa situation à proximité d'une maison forestière et qui veille sur sa préservation. Toutefois, il semble que la pression du pâturage empêche toute régénération naturelle des arbres. En effet, beaucoup d'arbres ont présenté des signes de dégénérescence. Tandis que la chênaie en futaie se porte encore bien, elle témoigne encore de l'état des chênaies qui prédominaient dans toute la vallée Zloul.

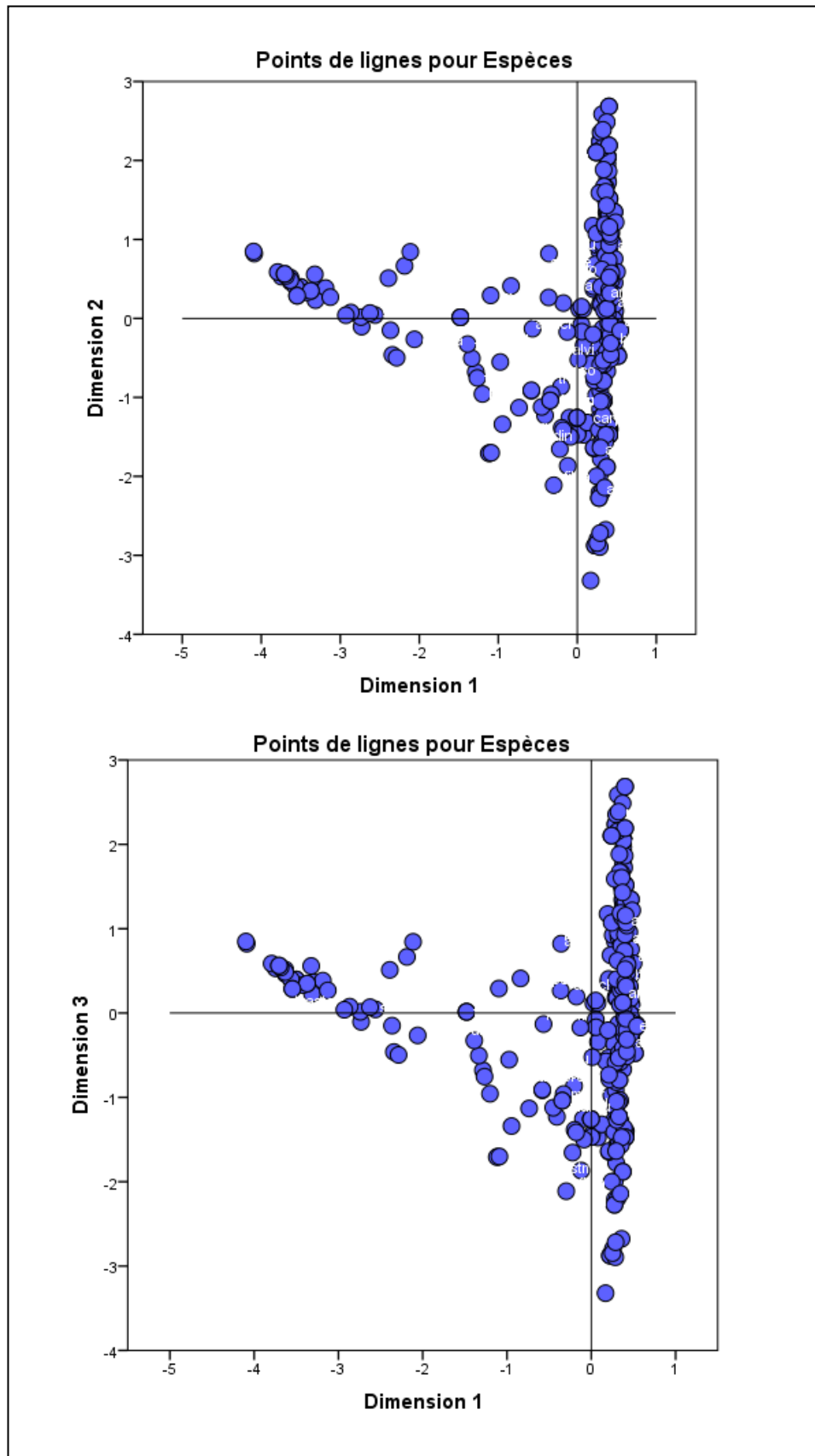


Figure 20 : Analyse globale de L'AFC. Carte des espèces. Plan 1-2 et plan 1-3

### III.1.2.2 Groupe des espèces de matorral

Le groupe des espèces de matorral s'individualise du côté positif de l'axe 2. Il correspond au groupe de relevés de la forêt Beni Sohane (Figure 22). Il est constitué essentiellement par des espèces d'ambiance matorrale relevées dans cette formation. Il s'agit généralement d'une mosaïque de peuplements arborés multistrates qui occupent des tranches altitudinales comprises entre 820 m et 1 200m. La strate arborée est composée essentiellement par *Quercus ilex*, *Pinus halepensis* (introduit), *Juniperus phoenicea*, *Juniperus oxycedrus* et *Tetraclinis articulata*. La strate arbustive est constituée par des espèces compagnes forestières peu exigeantes sur le plan écologique telles que *Cistus creticus*, *Cistus salviifolius*, *Genista quadriflora*, *Globularia alypum* qui colonisent des terrains dégradés et arides. Ces formations végétales sont généralement issues de la dégradation des forêts (**Fennane, 2003**).

Les principales espèces qui représentent ce groupe sont les suivantes :

*Quercus ilex*, *Juniperus phoenicea*, *Juniperus oxycedrus*, *Tetraclinis articulata*, *Pistacia lentiscus*, *Phyllyrea angustifolia*, *Ampelodesmos mauritanicus*, *Pinus halepensis*, *Cistus creticus*, *Cistus salviifolius*, *Genista quadriflora*, *Globularia alypum* et *Centaurium erythrea*.

### III.1.2.3 Groupe d'espèces des zones déforestées

Ce groupe s'individualise du côté négatif de l'axe 2. Il englobe surtout des espèces de strates herbacées relevées au niveau des zones déforestées. Il correspond au groupe des parcelles oléicoles protégées et celui des relevés de steppes dégradées (Figure 22). Il est essentiellement constitué par des espèces herbacées qui ont colonisé les terrains défrichés ou déforestés. Il rassemble des espèces indicatrices de la dégradation qui illustrent l'impact anthropozoïque telles que des :

- Espèces expansionnistes : *Chamaerops humilis*, *Asphodelus ramosus*, *Ampelodesmos mauritanicus*.
- Espèces non palatables (**Le Houerou, 1980**) :
  - Espèces épineuses : *Atractylis cancellata*, *Galactites tomentosa*, *Scolymus hispanicus*, *Carduus pycnocephalus* et *Palenis spinosa*.
  - Espèces inalibiles : *Ferula communis*, *Thapsia garganica*, *Eryngium campestre*, *Echium plantagineum*, *Marrubium vulgare*, *Silene vulgaris*, *Erodium cicutarium*, *Urginea maritima*.

Les principales espèces inventoriées sont les suivantes :

*Anacyclus clavatus*, *Ebenus pinnata*, *Olea europaea*, *Palenis spinosa*, *Crepis vesicaria*, *Catananche caerulea*, *Trifolium angustifolium*, *Althaea longiflora*, *Echium plantagineum*, *Phagnalon saxatile*, *Ornithogalum narbonense*, *Coronilla scorpioides*, *Ammoides pusilla*, *Lolium rigidum*, *Atractylis cancellata*, *Lomelosia stellata*, *Anchusa italica*, *Silene vulgaris*, *Podospermum laciniatum*, *Salvia argentea*, *Rhagadiolus stellatus*, *Papaver rhoeas*, *Rhaponticum acaule*, *Reseda alba*, *Hedypnois rhagadioloides*, *Asphodelus ramosus*, *Chamaerops humilis*, *Galactites tomentosus*, *Scolymus hispanicus*, *Hordeum murinum*, *Trifolium stellatum*, *Eryngium campestre*, *Rumex thyrsoides*, *Sonchus tenerrimus*, *Andryala integrifolia*, *Campanula dichotoma*, *Rumex bucephalophorus*, *Geranium rotundifolia*, *Arisarum vulgare*, *Sonchus asper*, *Polycarpon tetraphyllum*, *Biscutella didyma*, *Satureja rotundifolius*, *Erodium cicutarium*, *Convolvulus sabatius* subsp. *mauritanicus*, *Marrubium vulgare*, *Carduus pycnocephalus*, *Phagnalon rupestre*, *Stipa tenacissima*, *Helianthemum apenninum*, *Thymus munbyanus* subsp. *ciliatus*, *Brachypodium retusum* et *Arbutus unedo*.

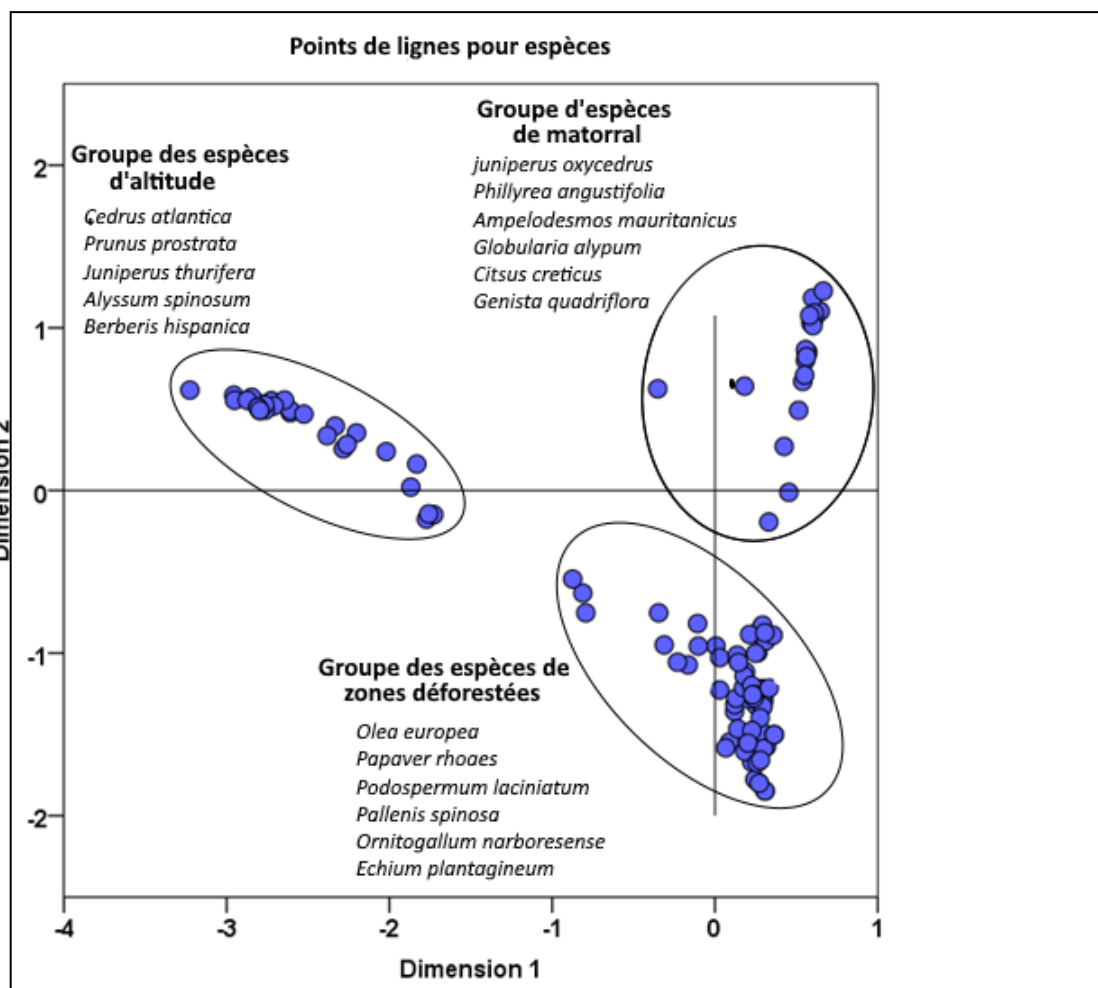


Figure 21: Analyse partielle. Carte des espèces. Plan 1-2

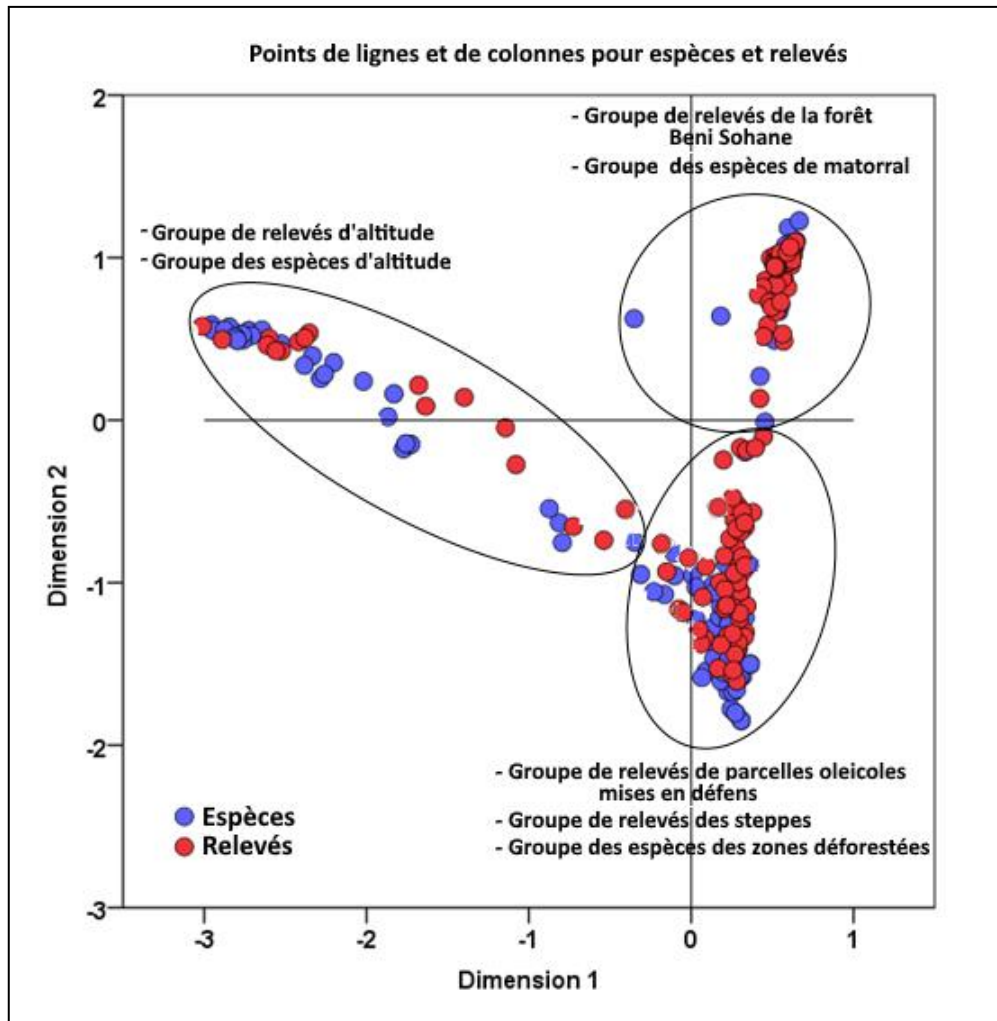


Figure 22 : Analyse partielle. Carte des espèces et des relevés. Plan 1-2

### III. 1. 3 Analyse floristique

### III. 1. 4 Richesse floristique

La détermination des plantes relevées dans le cadre de notre étude a permis d'inventorier 346 espèces appartenant à 208 genres et 53 familles de plantes vasculaires (voir liste complète en annexe 1). Le tableau 18 illustre une nette dominance de la famille des Asteraceae avec 18 %. Celle-ci dépasse de loin les familles de Fabaceae, Poaceae et Lamiaceae qui représentent respectivement 12 %, 10 % et 7 %, suivies de celles des Apiaceae avec 5 %, des Brassicaceae et Plantaginaceae avec 4 % chacune, Caryophyllaceae avec 3 %. 28 familles sont encore moins représentées avec 1 à 2% chacune, et enfin 16 espèces sont monospécifiques. Les familles dominantes sont quasiment les mêmes que celles qui dominent à l'échelle des zones floristiques importantes du Maroc et avec le même ordre d'importance (Fennane, 2004).

Tableau 18 : Richesse floristique de la zone d'étude

Famille	Nombre de genres	Nombre d'espèces	Famille	Nombre de genres	Nombre d'espèces
Asteraceae	42	62	Asphodelaceae	1	2
Fabaceae	20	40	Gentianaceae	2	2
Poaceae	21	33	Liliaceae	2	2
Lamiaceae	10	25	Linaceae	1	2
Apiaceae	12	19	Pinaceae	2	2
Plantaginaceae	6	15	Polygalaceae	1	2
Brassicaceae	12	15	Primulaceae	1	2
Caryophyllaceae	7	11	Resedaceae	1	2
Cistaceae	3	8	Rhamnaceae	2	2
Rubiaceae	4	8	Alliaceae	1	1
Rosaceae	5	7	Anacardiaceae	1	1
Asparagaceae	5	6	Apocynaceae	1	1
Boraginaceae	4	6	Araceae	1	1
Convolvulaceae	1	6	Araliaceae	1	1
Caprifoliaceae	3	5	Areceaceae	1	1
Geraniaceae	2	5	Berberidaceae	1	1
Oleaceae	3	5	Cyperaceae	1	1
Papaveraceae	3	5	Ericaceae	1	1
Crassulaceae	2	4	Fagaceae	1	1
Cupressaceae	1	4	Grossulariaceae	1	1
Malvaceae	2	4	Juncaceae	1	1
Ranunculaceae	3	4	Orchidaceae	1	1
Campanulaceae	2	3	Saxifragaceae	1	1
Hypericaceae	1	3	Smilacaceae	1	1
polygonaceae	1	3	Solanaceae	1	1
Scrophulariaceae	2	3	Thymelaeaceae	1	1
Valerianaceae	1	3	<b>Total</b>	<b>208</b>	<b>346</b>

La répartition des familles de plantes vasculaires au niveau des 4 groupes est caractérisée par l'abondance moins marquée des Astéraceae au niveau du groupe de relevés de la forêt Beni Sohane, elles devancent légèrement les Fabaceae avec respectivement 15 % et 14 % de l'ensemble de la richesse spécifique du groupe. Alors que pour les groupes des relevés d'altitude, des parcelles oléicoles protégées et ceux des relevés des steppes, les Asteraceae représentent respectivement 19 %, 23 % et 27 % contre seulement 12 %, 14 % et 8 % pour les Fabaceae (Tableaux 20, 21, 22 et 23).

La famille des Poaceae est mieux représentée dans le groupe des relevés de steppes, elle occupe la deuxième place avec 12 %. Tandis qu'elle occupe la troisième place pour les autres groupes avec seulement 9 % pour le groupe des parcelles oléicoles protégées.

La comparaison entre les richesses spécifiques et génériques des 4 groupes est résumée dans le tableau 19. Le groupe des parcelles oléicoles protégées présente la plus grande richesse spécifique et générique, il couvre respectivement 59 % et 70 % de celle de l'ensemble de l'aire d'étude, contre 32 % et 41 % pour le groupe des relevés d'altitude, 38% et 50 % pour le groupe des relevés de la forêt Beni sohane, et, 36 % et 45 % pour le groupe des relevés des steppes. Tandis que la richesse en familles est plutôt relativement plus élevée pour le groupe des relevés de la forêt Beni sohane avec 39 familles contre respectivement 28, 34 et 33 familles pour les groupes des relevés d'altitude, des parcelles oléicoles protégées et des relevés des steppes.

**Tableau 19 : Comparaison des richesses spécifiques et génériques des groupes de relevés**

Désignations	Altitude (Jbel Ramouz)		Forêt de Beni Sohane		Parcelles Oléicoles mise en défens		Steppes (Chamaeropaie- dissaie)		Aire d'étude
	Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%	
Espèces	110	32	133	38	203	59	124	36	346
Genres	86	41	104	50	146	70	95	45	208
Familles	28	54	39	75	34	65	33	63	53

**Tableau 20 : Distribution des espèces par familles de plantes vasculaires du groupe de relevés d'altitude**

Familles	Nombre d'espèces
Asteraceae	21
Fabaceae, Poaceae	13
Lamiaceae	10
Brassicaceae	6
Apiaceae, Caryophyllaceae, Plantaginaceae	5
Convolvulaceae, Rosaceae	3
Boraginaceae, Crassulaceae, Cupressaceae, Liliaceae, Papaveraceae, Polygonaceae, Rubiaceae	2
Arecaceae, Asparagaceae, Asphodelaceae, Berberidaceae, Fagaceae, Grossulariaceae, Malvaceae, Pinaceae, Saxifragaceae, Valerianaceae	1
<b>Total</b>	<b>110</b>



**Tableau 21 : Distribution des espèces par familles de plantes vasculaires du groupe de relevés de la forêt Beni Sohane**

Familles	Nombre d'espèces
Asteraceae	20
Fabaceae	19
Poaceae	15
Cistaceae, Lamiaceae	8
Apiaceae, Asparagaceae, Plantaginaceae	5
Caprifoliaceae	4
Cupressaceae	3
Brassicaceae, Caryophyllaceae, Crassulaceae, Gentianaceae, Hypericaceae, Linaceae, Malvaceae, Oleaceae, Polygalaceae, Primulaceae, Rubiaceae, Valerianaceae,	2
Araliaceae, Arecaceae, Boraginaceae, Campanulaceae, Cyperaceae, Ericaceae, Fagaceae, Geraniaceae, Juncaceae, Liliaceae, Pinaceae, Ranunculaceae, Rhamnaceae, Scrophulariaceae, Thymelaeaceae	1
<b>Total</b>	<b>133</b>

**Tableau 22 : Distribution des espèces par familles de plantes vasculaires du groupe de relevés des parcelles oléicoles mises en défens**

Familles	Nombre d'espèces
Asteraceae	46
Fabaceae	29
Poaceae	18
Lamiaceae	14
Apiaceae	12
Brassicaceae	10
Plantaginaceae	9
Rubiaceae	6
Boraginaceae, Papaveraceae	5
Cistaceae, Geraniaceae, Ranunculaceae	4
caprifoliaceae, Caryophyllaceae, Scrophulariaceae	3
Convolvulaceae, Asparagaceae, Campanulaceae, Gentianaceae, Hypericaceae, Malvaceae, Oleaceae Primulaceae, Resedaceae, Rosaceae	2
Alliaceae, Arecaceae, Fagaceae, Linaceae, Orchidaceae, Polygonaceae, Solanaceae, Valerianaceae	1
<b>Total</b>	<b>203</b>

**Tableau 23 : Distribution des espèces par familles de plantes vasculaires du groupe de relevés des steppes**

Familles	Nombre d'espèces
Asteraceae	38
Poacea	16
Fabaceae	11
Lamiaceae	7
Apiaceae	6
caryophyllaceae, Geraniaceae	4
polygonaceae, Rubiaceae	3
Campanullaceae, Boraginaceae, Plantaginaceae, Valerianaceae,	2
araceae, Asphodealaceae, Crassulaceae, Cupressaceae, Euphorbiaceae, Fagaceae, Liliaceae, Linaceae, Malvacea, Oleacea, Papaveraceae, Primulacées, Ranunculacea, Rhamnaceae, Rosacées, Scrophulaceae, Solanaceae	1
<b>Total</b>	<b>136</b>

### I.1 Diversité floristique

La plus forte valeur de l'indice de Shannon-Weaver est enregistrée par le groupe des parcelles oléicoles protégées avec 4.67 et la plus faible valeur est enregistrée par le groupe des relevés des steppes avec 3.72. Alors que l'indice d'équitabilité (E) a très peu varié entre les 4 groupes. Il est compris entre 0.54 et 0.61 (Tableau 24).

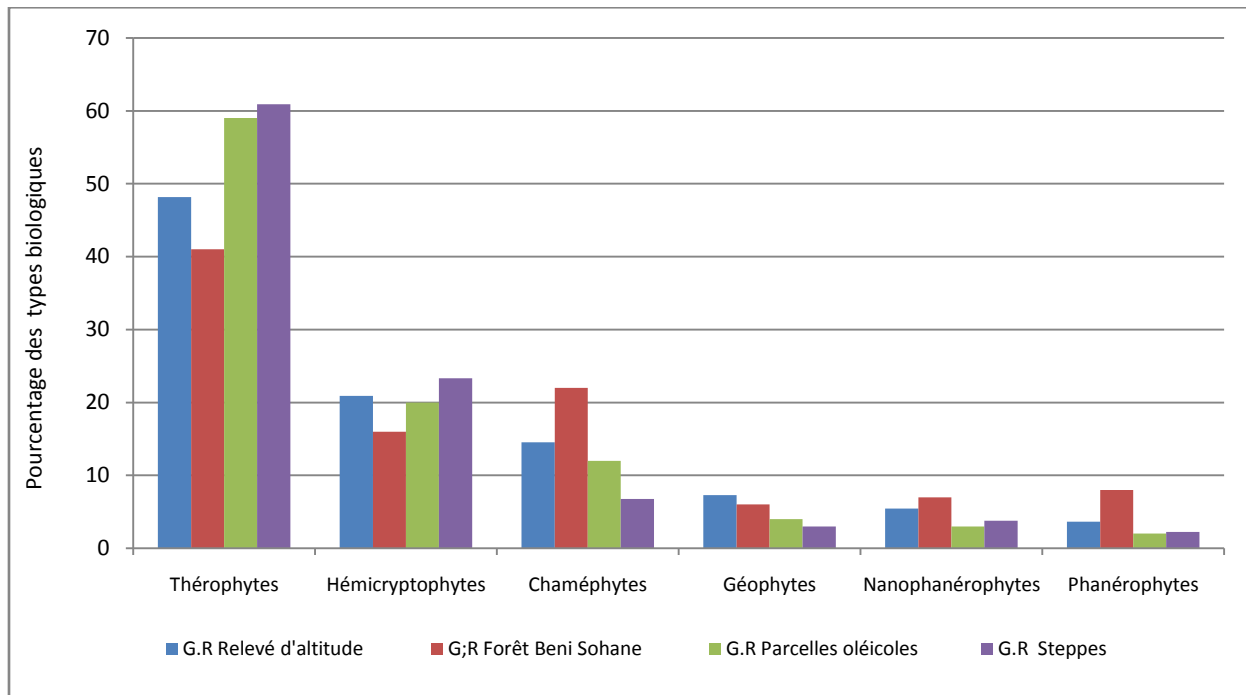
**Tableau 24 : Comparaison des indices de diversité et de perturbation entre les 4 groupes de relevés**

Indices de diversités et de perturbation	Altitude (Jbel Ramouz)	Forêt de Beni Sohane	Parcelles Oléicoles mise en défens	Steppes (Chamaeropaie-dissaie)	Aire d'étude
Indice de Shannon-Weaver (H')	4.15	3.97	4.67	3.72	4.11
Indice d'équitabilité de Pielou (E)	0.61	0.56	0.61	0.54	0.57
Indice de perturbation IP (%)	62.73	63.28	70.8	68.85	64.16

### III. 1. 5 Spectre biologique

La figure 23 montre que pour les 4 groupes de relevés, les thérophytes dominent les autres types biologiques. La thérophytisation est plus accentuée au niveau des groupes des parcelles oléicoles protégées et des relevés des steppes que pour les groupes des relevés d'altitude et ceux de la forêt Beni sohane avec respectivement 61 %, 59 %, 48 % et 41 %. En deuxième place viennent les hémicryptophytes pour les groupes des relevés d'altitude, des parcelles oléicoles protégées et des relevés des steppes avec respectivement 20 %, 21 % et 23 %, et les chaméphytes pour le groupe des relevés de la forêt Beni sohane avec 22 %. Les chaméphytes, les géophytes, les nanophanérophytes et les phanérophytes sont mieux représentés dans les groupes des relevés boisés, les groupes des relevés d'altitude et ceux de la forêt Beni sohane que dans les groupes des parcelles oléicoles protégées et des relevés des steppes.

L'étude du spectre biologique a mis en évidence une forte thérophytisation des groupes des parcelles oléicoles protégées et des relevés des steppes en comparaison avec les groupes arborés des relevés d'altitude et ceux de la forêt Beni sohane. Cela pourrait être expliqué par la disparition des strates arborée et arbustive, n'exerçant plus de compétition pour le développement des espèces annuelles. Par ailleurs, la thérophytie pourrait renseigner sur l'état de dégradation de l'écosystème. Elle est considérée par **Quézel (2000)** comme un stade ultime de dégradation de la végétation. Elle peut être aussi considérée comme une forme d'adaptation naturelle des plantes aux contraintes climatiques telles que le froid hivernal ou la sécheresse estivale (**Barbero et al., 1990 ; Daget, 1980**). D'autres travaux ont montré qu'une perturbation anthropique forte et chronique, peut diminuer la richesse floristique et induire le remplacement des ligneux par des herbacées annuelles et pérennes dont la composition floristique reste fortement liée à l'effet de cette perturbation sur les propriétés du sol (**McIntyre et Lavorel, 1994 ; Rodríguez et al., 2005**). Dans ce sens, l'action primaire de l'Homme sur les terrains est de se débarrasser des ligneux obstacles à l'agriculture pour défricher et planter. Tandis que les herbacées persistent notamment grâce à leur capacité de régénération efficace par les graines.



**Figure 23 : Spectre biologique des groupes de relevés**

### III. 1. 6 Perturbation du milieu

L'indice de perturbation IP est le pourcentage que représentent les types biologiques chamaephytes et thérophytes par rapport au nombre total des espèces. Il est de 64.16 % pour l'ensemble de l'aire d'étude. La perturbation est relativement plus marquée pour les groupes des parcelles oléicoles protégées et des relevés des steppes avec respectivement 70.8 % et 68.85 % en comparaison avec celle des groupes des relevés d'altitude et ceux de la forêt Beni sohane qui sont respectivement de 62.73 % et de 63.28 %.

La dégradation et la perturbation de la végétation sont plus accentuées au niveau du groupe des relevés des steppes comme en témoignent l'analyse floristique. Ce dernier groupe enregistre la diversité floristique la plus faible des 4 groupes avec un indice de diversité de Shannon de 3.72 et la distribution des espèces la plus perturbée avec un indice d'équitabilité de 0.54. Cet indice est compris entre 0 et 1. Une valeur proche de 1 indique une distribution équitable et inversement, une valeur proche de 0 indique une distribution dominée par une seule espèce. Cette anomalie de la composition floristique pourrait être expliquée par la dominance d'espèces expansionnistes essentiellement *Chamaerops humilis*, *Asphodelus*

*ramosus*, *Ampelodesmos mauritanicus* et des graminées comme *Aegilops neglecta* et *Hordeum murinum* (Benarchid et al., 2018a).

### III.2 Impact de la déforestation

L'impact négatif de la déforestation pourrait aussi être illustré par les valeurs IP relativement élevées enregistrées au niveau des groupes des parcelles oléicoles protégées et des relevés des steppes, avec respectivement 70,80% et 68,85%. Cet indice est en étroite relation avec le phénomène de thérophytisation, étant donné qu'il est calculé par la somme des thérophytes et des chamaephytes sur le nombre total des espèces. Selon (Grime, 1977), la perturbation est caractérisée par des mécanismes qui limitent la biomasse végétale en causant sa destruction. Il ajoute que des perturbations sévères du milieu sélectionnent des espèces adoptant une stratégie rudérale qui consiste à l'exploitation temporaire des conditions favorables.

Ces écosystèmes ont connu une dynamique régressive rapide, passant rapidement d'une forêt de chêne vert à une steppe à *Chamaerops humilis* (chamaeropaie) au niveau du versant sud de Jbel Lakraâ et à une steppe graminéenne à *Ampelodesmos mauritanicus* (dissaie) au niveau de Jnab Diss. Or l'évolution régressive des écosystèmes forestiers méditerranéens passent progressivement par des structures intermédiaires préforestières, puis par des processus de matorralisation, dématorralisation, stéppisation et en fin thérophytisation (Médail et Diadema, 2006 ; Quézel, 2000).

### III.3 Impact du surpâturage

La vallée Zloul est depuis toujours connue par un pâturage intense et une pression humaine sur le couvert végétal. Le surpâturage a été plus accentué surtout après la sédentarisation des semi nomades d'Ait Lfarh des hautes montagnes de Bou Iblane dans les piémonts de Jbel Lakraâ. Il s'agit de grands éleveurs qui disposent d'importants troupeaux et pratiquent un élevage extensif.

Le surpâturage empêche la floraison et la fructification des annuelles palatables, cela se répercute négativement sur la biodiversité ainsi que sur le processus fonctionnel de la phytocénose et donc sur la résilience des systèmes écologiques (Visser, 2003). En outre, la réduction du couvert végétal par le pâturage entraîne quasi inévitablement la modification des rapports de dominance entre espèces (Le Floc'h, 2001). Ainsi, les espèces délaissées par le

bétail bénéficient d'un avantage sélectif considérable et tendent à éliminer les espèces fourragères affaiblies par des défoliations continuelles, Il en résulte une prolifération d'espèces envahissantes nitrophiles et de faible valeur nutritive (**Le Houerou, 1980**). Ceci peut se manifester dans les parcelles surpâturées de notre aire d'étude par la prolifération d'espèces telles que *Echium plantagineum*, *Carduus pycnocephalus*, *Carlina involucrata*, *Althaea longiflora*, *Sherardia arvensis*, *Anagallis arvensis* et *Evax pygmea* (Benarchid et al., 2018).

#### III.4 Impact de la mise en défens des parcelles oléicoles

L'étude floristique a révélé un impact positif de la mise en défens des parcelles oléicoles sur leur richesse et leur diversité floristiques. 203 espèces ont été inventoriées au niveau de ces parcelles, avec un indice de Shannon Weaver H' élevé de 4.67, dépassant largement le nombre d'espèces inventoriées et les valeurs d'indice de Shannon Weaver enregistrées au niveau des groupes de relevés d'altitude, de la forêt Beni sohane et des steppes (Tableau 1).

Le surpâturage a permis une réduction de l'importance des Poaceae et une augmentation de celle des Asteraceae, des Fabaceae et d'autres familles. Des résultats similaires ont été obtenus par les travaux d'**Abourouh, et al., (2005)** dans les parcours de la forêt de la Maamora au Maroc.

Plusieurs travaux ont mis en évidence l'effet bénéfique de la mise en défens des parcours steppiques ou forestiers sur la richesse floristique et la diversité spécifique (**Abourouh, et al., 2005 ; Amghar et al., 2016 ; Foudil et al., 2015 ; Maatougui et al., 2013**). Ceci pourrait être expliqué par le fait qu'un couvert végétal important favorise la fixation des particules du sol et permet, par conséquent, l'amélioration du bilan hydrique et donc la réinstallation des espèces (**Floret et Pontanier, 1982**).

Toutefois, les valeurs enregistrées par les indices d'équitabilité (0.61) et de perturbation (70,80 %) au niveau des parcelles oléicoles montrent un déséquilibre de la composition floristique. Il semble donc que malgré une mise en défens relativement longue, ces écosystèmes n'ont pas pu retrouver leur équilibre initial. Ceci pourrait être expliqué par un nouveau déséquilibre créé cette fois par l'absence de l'effet régulateur du pâturage qui peut défavoriser les espèces qui nécessitent que le brouit régulier réduise le niveau de compétition des espèces les plus adaptées (**Le Floc'h, 2001**). Dans certains cas, la restauration écologique par la mise en défens tend à retrouver un ensemble caractéristique d'espèces, de

fonctions et de production de restauration comparables à l'écosystème préexistant ou de référence (SER, 2004).

En fait, l'impact de la diversité sur la stabilité globale des écosystèmes reste complexe. Les travaux récents de **Geng et al., (2019)** ont montré que la diversité floristique à grandes échelles spatiales peut renforcer la capacité des écosystèmes à maintenir une stabilité face aux fluctuations climatiques ou à se rétablir rapidement à la suite de perturbations climatiques. En revanche pour d'autres auteurs, ce sont plutôt les caractéristiques biologiques des espèces dominantes plutôt que leur nombre qui contrôlent la productivité et la biogéochimie des écosystèmes (**MacGillivray et Grime, 1995**). **Pennekamp et al., (2018)** ont mis en évidence la complexité de la stabilité écologique qui dépend en plus d'une grande diversité spécifique, de la capacité des espèces à réagir de façon très variée aux modifications de l'environnement. Ainsi, sous certaines conditions environnementales, l'augmentation de la diversité des espèces peut également entraîner une plus grande instabilité de l'écosystème.

#### **IV Conclusion**

L'étude floristique a eu pour objectifs d'explorer la dynamique des écosystèmes de la vallée de Zloul en pleine mutation, d'évaluer l'impact anthropozoïque, notamment, l'effet de la mise en défens des parcelles oléicoles sur la composition floristique.

L'analyse floristique a révélé un impact négatif de la déforestation sur la composition floristique. Les groupes de relevés des parcelles oléicoles mises en défens et celui des steppes des versants sud de Jbel Lakraâ et Jnab Diss ont enregistré les niveaux les plus élevés de la perturbation et surtout de la thérophytisation.

La mise en défens des parcelles oléicoles a un effet positif sur la richesse et la diversité floristiques. L'indice de Shannon atteint une valeur maximale de 4.67. Toutefois, le niveau de la perturbation reste très élevé. Il semble que ces écosystèmes n'ont pas pu retrouver leur équilibre initial malgré une période de mise en défens relativement longue.

L'impact anthropozoïque pourrait être illustré d'une manière plus accentuée au niveau du groupe de relevés des steppes des versants sud de Jbel Lakraâ et Jnab Diss. Ils enregistrent la diversité floristique la plus faible avec un indice de shannon de 3.72 et une distribution perturbée enregistrée par l'indice d'équitabilité qui est de 0.54 et une perturbation très élevée de 68.85 %.

Les écosystèmes de la vallée de Zloul présentent des niveaux de dégradation inquiétants surtout au niveau des versants sud de jbel lkraâ et de Jnab Diss. Des mesures

urgentes devraient être prises pour atténuer en priorité l'érosion de la biodiversité et celle du sol.

Notre étude mérite d'être poursuivie pour mieux appréhender le fonctionnement des écosystèmes montagneux de cette vallée en tenant compte de la complexité de l'interaction qui existe entre les facteurs écologiques et anthropozoïques. Par ailleurs, l'expérience de la mise en défens des parcelles oléicoles pourrait être mieux exploitée en se focalisant sur une aire appropriée pour pouvoir comparer l'impact des différentes durées de mise en défens sur la restauration des écosystèmes en fonction des autres facteurs écologiques tels que la nature du sol, l'exposition et l'altitude.



## **TROISIEME PARTIE :**

# **Dégradation de la chamaeropaie**

# **CHAPITRE 1 :**

## **Caractéristiques générales du**

### ***Chamaerops humilis L.***

## **I Introduction**

Le *Chamaerops humilis* L. (palmier nain méditerranéen) appartient à la Famille des Arecaceae. Il représente un élément floristique important de la région de la Méditerranée occidentale, il s'agit de la seule espèce de palmier naturellement répartie en Europe et en Afrique (**Guzmán et al., 2017**). Il constitue un élément floristique tout à fait remarquable, voire une espèce phare puisqu'il représente l'unique membre en méditerranée septentrionale de cette famille de souche tropicale (**Quézel, 1985**). Il habite les forêts sempervirentes et les communautés de broussailles xérophytes de la région méditerranéenne (**Herrera, 1989**).

Le *C. humilis* L. est une espèce héliophile et thermophile qui trouve son optimum de développement dans les formations de dégradation ou dans les groupements de transition (**Barbero et al., 1981**). Il est considéré comme une espèce de dégradation des formations forestières, il joue un rôle important dans les écosystèmes résiduels, en raison de ses faibles exigences en eau, et plus généralement de son adaptation aux contraintes écologiques et anthropiques (**Hasnaoui et al., 2006**).

Les matorrals du *C. humilis* L. permettent de conserver la structure et la fertilité des sols et d'héberger une intense activité microbiologique. Une telle ambiance est très favorable pour la régénération des espèces exigeantes telles que les essences forestières (**Benabid, 2012**). D'où sa qualification d'espèce dite « nurse » du fait qu'elle favorise la régénération des couverts forestiers victimes de dégradation (**Castellana, 2017**).

Outre sa régénération naturelle après les incendies, il joue un rôle important dans la conservation in situ des ressources en sol, grâce à la création d'un réseau de racines très enchevêtré dans sa partie supérieure piégeant ainsi une quantité importante de sol (**Brahimi et al., 2016**).

La régression spectaculaire du *C. humilis* sur le pourtour méditerranéen, n'est pas due à des raisons de sénescence ou d'épuisement phylétique, mais bien à des actions anthropogènes sévères (**Gast, 1996**). En Algérie, l'espèce *C. humilis* L. reste soumise continuellement à des pressions humaines croissantes et incontrôlées (**Hasnaoui et al., 2011**). De même, la chamaeropaie du versant sud du Jbel Lakraâ souffre aussi d'une pression anthropozoïque multiple et considérable, allant jusqu'à provoquer la dégénérescence des souches du *C. Humilis* suite à l'arrachage du cœur même de la plante.

## **II Ecologie du *Chamaerops humilis* L.**

Le *C. humilis* L. est une espèce caractéristique de la méditerranée occidentale. Il est un indicateur biologique majeur de l'étage de végétation thermo-méditerranéen (**Ozenda, 1975**). Il se développe également dans les étages de végétation méso-méditerranéen et infra-méditerranéen (**Anonyme, 1939**). Il est considéré aussi comme l'indicateur de l'étage de végétation méditerranéenne semi-aride (**Emberger, 1971**). Sa répartition naturelle plus étendue au nord en Italie et en France le qualifie comme l'espèce de palmier la plus septentrionale. Dans la rive nord de la méditerranéen, il peut résister en culture à des températures de -12 °C.

Il présente aussi une grande plasticité écologique. Au Maroc, il occupe une large aire géographique, il pénètre largement et intensément les étages humides tant en montagne que dans les zones littorales. Toutefois, il fuit les zones trop humides ou trop sèches (**Anonyme, 1939**). Il se plaît plutôt dans les étages méditerranéens moyens là où la moyenne des minima du mois le plus froid est au-dessus de 0° C (**Emberger, 1938**). Certains peuplements des hautes montagnes sont régulièrement couverts de neige pendant la période hivernale, ils peuvent atteindre des altitudes élevées allant jusqu'à 2 200 m dans le grand Atlas. Sa résistance aux embruns marins lui permet de déborder jusqu'au bord de la mer.

Le *C. humilis* est relativement peu exigeant en matière de conditions édaphiques, il peut se développer sur tous les types de substrats géologiques ( **Castellana, 2017 ; Merlo et al., 1993**). Cependant, il craint les couches épaisses de sables, les sols hydromorphes et préfère généralement les sols argileux de types rouges fersialitiques (**Castellana, 2017**) et les sols calcaires (**Merlo et al., 1993**). Il se développe bien aussi sur des sols limoneux et limono-sableux dans les monts de Traras en Algérie occidentale (**Taibi et al., 2017**). En effet, les textures argileuses ou limoneuses permettent une bonne stabilité structurale et une bonne rétention de l'eau dans le sol, ce qui constitue des réserves en eau au niveau des interstices du sol pendant les saisons sèches. Par ailleurs, le *C. humilis* aime les terres profondes, il ne peut s'installer sur le rocher mis à nu ou sur des sols maigres peu profonds (**Anonyme, 1939**). Son système racinaire dense et enchevêtré lui permet d'explorer des couches profondes qui peuvent aller jusqu'à 5 m (**Hasnaoui, 2008**).

### III Aire naturelle du *Chamaerops humilis*

Le *C. humilis* L. appartient à la famille des Arecaceae. Le genre *Chamaerops* est monotypique, il comprend une seule espèce *humilis* qui se rencontre dans la région méditerranéenne occidentale (Maire, 1957). Il s'agit d'une espèce endémique de l'ouest de la méditerranée, son aire couvre l'Europe du Sud (Italie, Espagne, Malte, Sud de la France) et l'Afrique du Nord (Algérie, Tunisie et Maroc) (Garcia-Castano et al., 2014) (Figure 24).



Figure 24 : Distribution du *Chamaerops humilis* dans le bassin méditerranéen (Medail et Quezel, 1996)

Le *C. humilis* présente une diversité phénotypique importante selon les différentes aires géographiques. Maire (1957) distinguait les variétés suivantes :

- *C. humilis* var. *typica* à feuilles vertes et luisantes.
- *C. humilis* var. *argentea* André à feuilles glauques, argentées mates.
- *C. humilis* var. *inermis* à pétioles sans aiguilles.

Une autre variété a été décrite dans les années 80 par un pépiniériste (Baron Ardichetto), dans l'île Vulcano à l'extrême nord-est de la Sicile. Elle est caractérisée par des feuilles bleues vertes avec un port beaucoup plus compact. Elle est très appréciée comme plante ornementale, commercialisée actuellement sous le nom de palmier nain "*vulcano*".

En dépit de cette variabilité, seulement 2 variétés sont communément admises par la communauté scientifique :

- *C. humilis* var. *humilis* à Feuilles vertes.

- *C. humilis* var. *argentea*. André (syn. *C. humilis* var. *cerifera* Becc.) à feuilles grises, réputée comme l'un des palmiers nains les plus rustiques.
- Toutefois, une étude génétique récente réalisée par (**Garcia-Castano et al., 2014**) sur les différentes populations du *C. humilis* du pourtour méditerranéen a mis en évidence 4 groupes de populations distincts :
  - Groupe 1 : Péninsule Ibérique et nord-est du Maroc (Al Hoceima), Baléares et Sardaigne.
  - Groupe 2 : France, péninsule italienne et Sicile.
  - Groupe 3 : Péninsule Ibérique du sud-ouest et nord-ouest du Maroc.
  - Groupe 4 : Centre du Maroc (Haut Atlas).

Cette étude suggérait aussi que les 3 premiers groupes sont actuellement inclus dans la variété *humilis* et le quatrième groupe correspond à la variété *argentea*.

Les populations actuelles du *C. humilis* L. résultent de contacts relativement récents entre l'Afrique et l'Europe au Quaternaire. La répartition des populations de cette espèce semble avoir été influencée par les mouvements tectoniques des plaques sur de longues périodes de temps géologiques, et par la réduction et le déplacement des populations au cours du Quaternaire plus froid (**Guzmán et al., 2017**).

Ainsi, en tenant compte de ces données, le palmier nain qui existe dans notre zone d'étude peut être classé comme *Chamaerops humilis* L. var. *humilis*. Avec ses feuilles vertes, il contraste nettement avec celui qui existe dans le Haut Atlas et dans le centre du Maroc dont les feuilles sont plutôt grises.

#### **IV Principales caractéristiques morphologiques du *Chamaerops humilis***

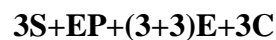
Le *C. humilis* L. a pour origine le nom grec *chamai*, « nain », et *rhôps*, « buisson », d'où son nom aussi palmier nain. Il se présente généralement sous forme de touffe d'arbuste à croissance extrêmement lente mais aboutissant quand même à un véritable palmier miniature après plusieurs décennies. Sa forme presque acaule qui ne dépasse guère 2 m lui est infligée suite à la dégradation anthropozoïque. Plusieurs tiges poussent étroitement à partir de la base, donnant un aspect compact de la touffe (Photo 14a).

Le stipe représente un faux tronc cylindrique de diamètre constant de la base jusqu'au sommet. Il est constitué par un emboîtement de gaines foliaires. Sa surface est recouverte d'une succession de couches de fibre marron qui résulte de la décomposition de la base des pétioles des vieilles feuilles tombées. Il peut atteindre jusqu'à 5 à 6 m, lorsqu'il est cultivé en

pépinières ou protégé dans les cimetières ou les marabouts contre le broutage des troupeaux et l'exploitation humaine (Photo 14b).

Le stipe est couronné de feuilles disposées en éventail avec un long pétiole grêle et épineux, à ligule très courte, à segments bifides (Photo 14c). Spadices courts, dressés, à 2 spathes basales et ordinairement une ou deux autres spathes insérées plus haut, à rameaux ramifiés, courts, densi-flores (**Maire, 1957**). La couleur des feuilles varie en fonction des variétés et des populations.

Le *C. humilis* est généralement une plante dioïque, les fleurs mâles et les fleurs femelles sont portées sur des pieds séparés. L'inflorescence est composée d'un spadice entouré d'une spathe courte d'environ 30 cm, portant de nombreuses petites fleurs jaunâtres, mâles ou femelles. Les Fleurs sont caractérisées par un calice tripartite, 6 à 9 étamines pour les fleurs mâles et un gynécée à 3 carpelles monocarpiques charnus pour les fleurs femelles (**Maire, 1957**). La formule florale est trimère, elle est comme suit :



Le fruit est une drupe de forme oblongue d'une longueur allant de à 2 à 5 cm. L'épicarpe est lisse d'une couleur rougeâtre à brun. Le mésocarpe est plus ou moins charnu très fibreux et légèrement sucré très astringent (Photo 14d). Le fruit est très apprécié par les canidés et constitue un régal pour le renard.

Le système racinaire est constitué par des racines fasciculées enchevêtrées et très denses au niveau de la partie superficielle du sol. En profondeur, elles deviennent moins nombreuses et peuvent atteindre jusqu'à 5 m (**Hasnaoui, 2008**). Ce qui permet une bonne fixation du sol et une meilleure protection contre l'érosion. Par ailleurs, il permet aussi une bonne adaptation au stress hydrique à l'aide de ses racines qui peuvent exploiter l'eau des horizons profonds du sol (Photos 14e et 14f).



**Photo 14a**



**Photo 14b**



**Photo 14c**



**Photo 14d**



**Photo 14e**



**Photo 14f**

**Photos 14 : Caractéristiques morphologiques du *Chamaerops humilis***

Photo 14 a : Touffe de *Chamaerops humilis* presque acaule

Photo 14b : Trois plants de *Chamaerops humilis* plantés dans un parc public avec des stipes développés

Photo 14c : Feuille en éventail avec un long pétiole grêle et épineux *Chamaerops humilis*

Photo 14d : Fruit de *Chamaerops humilis*

Photo 14e : Système racinaire dense et enchevêtré *Chamaerops humilis*

Photo 14f : Touffe de *Chamaerops humilis* au bord d'un oued sec avec des racines qui dépassent 2 m de profondeur



**V Importance socio-économique du *Chamaerops humilis* L.**

Le *C. humilis* présente un intérêt économique et social important pour les populations locales. Son utilisation pour fabriquer le crin végétal a connu un développement important durant la période coloniale dans les pays du Maghreb surtout en Algérie et au Maroc. Le crin végétal obtenu à partir des fibres des feuilles externes était utilisé pour rembourrer les coussins, les fauteuils et les matelas. Les feuilles centrales sont utilisées dans la vannerie pour confectionner traditionnellement des objets tressés tels que des nattes, paniers, cordes ou balais.

Pour fabriquer le crin végétal, les palmes ramassées passent à travers une machine à effilochage puis par une cardeuse qui permet d'aérer les fibres et de les nettoyer d'éventuels déchets. La filasse obtenue est secouée, aérée puis étendue dans des aires de séchage. La filasse séchée ainsi obtenue peut être ensuite rentrée dans un atelier de filature pour confectionner des cordes (Photo 15).

Au Maroc, l'industrie du crin végétal était florissante durant le vingtième siècle, surtout après la deuxième guerre mondiale. Elle tenait une place importante dans l'économie marocaine. Une partie importante de la production était destinée à l'exportation surtout en Europe et aux Etats-Unis (Iltis, 1951).

Avec l'avènement des fibres synthétiques et de la mousse fabriquée à partir des dérivés du pétrole, l'industrie du crin végétal est tombée de nos jours en désuétude. L'unité de production de crin végétal d'Ikharwaen située à moins de 10 km de notre aire d'étude compte parmi les rares unités de production de crin végétal qui ont subsisté au Maroc jusqu'à ce jour (Photo 16).

Néanmoins, la nouvelle tendance du retour à la nature et aux produits naturels concerne aussi le crin végétal. Il commence à susciter de l'intérêt dans le monde entier surtout en Europe, où il est aujourd'hui en vogue. Une demande croissante se fait de plus en plus sentir, ce qui pourrait relancer de nouveau cette industrie. Certes, celle-ci aurait des retombées positives sur les revenus des habitants des régions environnantes, mais une forte demande du matériel végétal conjuguée au stress climatique de plus en plus accentué avec les changements climatiques risqueraient d'accélérer la dégradation des chamaeropaies.

Les feuilles centrales non encore étalées souples et résistantes du *C. humilis* entrent dans la confection d'objets artisanaux tels que les paniers, nattes, chapeaux (Taraza) et balaies. Dans notre zone d'étude, l'arrachage des feuilles est effectué durant l'été et le début d'automne. Période durant laquelle, elles sont d'une part suffisamment développées et

facilement détachables du stipe. D'autre part, les conditions climatiques sont optimales pour leur séchage.

Pour faciliter leur manipulation et leur séchage, les feuilles sont rattachées en 3 rangées linéaires de 1 m de long qui constituent un standard commercialisable sous le nom de « Mezlag » (Photo 17).

Outre le prélèvement des feuilles pour la fabrication industrielle ou artisanale, les parties tendres des bourgeons apicaux (cœur de palmier), pétioles et spadices des jeunes plantes du *C. humilis* ont été couramment consommées crus ou cuits, surtout en périodes de disettes en Afrique du Nord et au sud d'Italie (**Castellana, 2017**).

Le *C. humilis* possède une haute valeur ethno-pharmaceutique (**Hasnaoui et al., 2011**). Différentes parties de la plante sont utilisées par les populations locales dans la pharmacopée traditionnelle pour soigner différents maux et maladies. Des enquêtes ethnobotaniques effectuées en Algérie ont montré que les populations rurales de la région de Tlemcen utilisent le cœur du stipe pour traiter les maladies gastro-intestinales, les fruits comme antiseptique, les racines pour l'anémie et les vers intestinaux et les feuilles pour traiter le diabète et d'autres troubles gastro-intestinaux (**Medjati, 2014**). Au Maroc, les populations du nord utilisent le fruit du palmier nain comme astringent, contre les diarrhées et les gingivites (**Bellakhdar, 1997**).



**Photo 15 : Machine à effilochage de l'unité d'Ikharwaen**



**Photo 16 : Production de crin végétal dans l'unité d'Ikharwaen**



**Photo 17 : Mezlag de feuilles de *Chamaerops humilis* exposées au soleil pour sécha**

## **CHAPITRE 2 :**

# **Etude floristique de la chamaeropaie**

## **I Introduction**

Au Maroc, les écosystèmes forestiers subissent une pression anthropozoïque considérable, plus de 30 000 ha disparaissent chaque année suite aux défrichements, aux prélèvements de bois de chauffage et aux incendies (**Blérot et Mhirit, 1999**). Notre aire d'étude témoigne de la dégradation de ces écosystèmes, la forêt de chêne vert *Quercus ilex* qui couvrait le versant sud de Jbel Lakraâ a complètement disparu. La disparition de cette forêt est due essentiellement à une pression anthropique accentuée qui a connu son paroxysme durant les années soixante du siècle dernier. Outre le stress climatique et le surpâturage, la nature foncière des terrains de ces versants a fortement contribué à sa destruction. Mise à part la partie haute du versant sud de Jbel Lakraâ qui appartient au domaine forestier, le reste des terrains sont des propriétés privées reconnues verbalement par les ayants droit. Le droit d'usage de ces terrains revient à leurs propriétaires qui peuvent mettre en vente le bois présent sur leurs territoires. Ainsi, une exploitation abusive de ces bois par l'abattage des arbres et à l'arrachage des souches pour la fabrication de charbon de bois a accéléré d'une manière dramatique la destruction de la forêt.

En dépit de sa rusticité, le *C. humilis* est sérieusement menacé. Il est assujéti à une pression anthropozoïque de plus en plus accentuée, surtout après la décision du gouvernement marocain relative à l'interdiction des sacs en plastique et le renouement avec le panier artisanal confectionné à partir de feuilles centrales de *Chamaerops*.

Parmi les rares études qui ont porté sur les formations à *C. humilis*, on peut citer celles effectuées dans la région de Tlemcen en Algérie (**Brahimi et al., 2016 ; Medjati, 2014 ; Taibi et al., 2017**). Quant au Maroc, à notre connaissance aucune étude n'a été réalisée jusqu'à ce jour dans ce sens. Par ailleurs, la conservation des chamaeropaies ne figure pas encore parmi les priorités des pouvoirs publics. D'où l'intérêt d'explorer ces écosystèmes fragiles en profondes transformations. Le présent travail vise donc à évaluer la biodiversité abritée par la chamaeropaie, à évaluer l'état de sa dégradation. Ceci permettrait de mieux comprendre son évolution et contribuer ainsi, à aider les décideurs à prendre des décisions bien adaptées pour lutter contre les érosions de la biodiversité et du sol. Afin de répondre à ces objectifs, nous avons procédé à des relevés floristiques au cours des années 2014 et 2015.

## **II Matériel et méthodes**

### **II.1 Présentation de la zone d'étude**

La zone d'étude de cette partie concerne le versant sud de Jbel Lakraâ. Elle est délimitée à l'ouest par les coordonnées géographiques  $-4^{\circ}21'42''$  et  $-4^{\circ}18'17''$  et au nord par les coordonnées  $33^{\circ}52'27''$  et  $33^{\circ}50'36''$ . L'altitude varie entre 900 et 1621 m au sommet du Jbel Lakraâ. Elle est caractérisée par des pentes raides et par de nombreux grands ravinements qui charrient au cours des violents orages des quantités importantes de sol d'éboulis et de gravats.

La géologie de ce mont se caractérise au niveau de la crête par une structure à matériel dolomitique du lias inférieur et du carixien. En descendant vers le flanc sud, ce sont les formations du toarcien et du bajocien inférieur qui apparaissent (Sabaoui, 1998). Les sols fersiallitiques dominent tout le versant, ils sont souvent minces et pauvres en matière organique sous l'action de l'érosion. Parfois, ils disparaissent pour laisser apparaître d'importantes surfaces de roches mères dénudées.

D'un point de vue climatique, il convient de souligner qu'en plus des données et des analyses effectuées dans le chapitre 2 de la première partie, le microclimat du versant sud de Jbel Lakraâ présente la particularité d'être relativement plus sec et plus chaud que les autres parties de la vallée. Outre son exposition sud, il est influencé par l'effet Foehn. Ce dernier consiste à un phénomène météorologique créé lorsqu'un vent chargé d'humidité rencontre un massif montagneux, il monte en altitude et devient plus froid, il en résulte une condensation des gouttelettes d'eau qui peut entraîner des précipitations. En passant de l'autre côté, l'air déchargé de son humidité se réchauffe adiabatiquement et devient plus chaud, plus sec, moins dense et se disloque.

Le couvert végétal du versant sud de Jbel Lakraâ est une sorte de nappe continue. Les strates arborescentes et arbustives ne sont plus représentées que par de rares vieilles souches de *Quercus ilex* et de *Juniperus oxycedrus* complètement rabougries parsemant la chamaeropaie, ainsi que par quelques pieds de *Callicotome villosa*.

### **II.2 Etude floristique**

Pour évaluer la biodiversité abritée par la chamaeropaie et son état de dégradation, nous avons exploité les 16 relevés floristiques relatifs au versant sud de Jbel Lakraâ qui ont été effectués dans le cadre de l'étude de la végétation. La méthode floristique utilisée est détaillée dans la section II, chapitre 2 de la deuxième partie.

### III Résultats et discussion

#### III.1 Richesse et diversité floristiques

La richesse spécifique de notre aire d'étude compte 115 espèces appartenant à 82 genres et à 32 familles de plantes vasculaires. Elle est dominée par la famille des Asteraceae qui compte à elle seule 27 % de la richesse spécifique totale. La famille des Poaceae est aussi importante, elle représente 13 %, suivie de celle des Fabaceae et des Lamiaceae avec 8% chacune, puis de celle des Apiaceae, Caryophyllaceae et Brassicaceae avec 5 % chacune. Alors que 20 familles ne sont représentées que par une seule espèce (figure 25).

La richesse floristique pourrait être considérée comme relativement importante, vu qu'elle a été relevée au niveau d'une station relativement restreinte qu'est le versant sud du Jbel Lakraâ. Par ailleurs, elle est similaire à celle des chamaeropaies des montagnes de Tlemcen en Algérie avec les mêmes familles qui y dominent et avec respectivement le même ordre d'importance (Taibi et al., 2017).

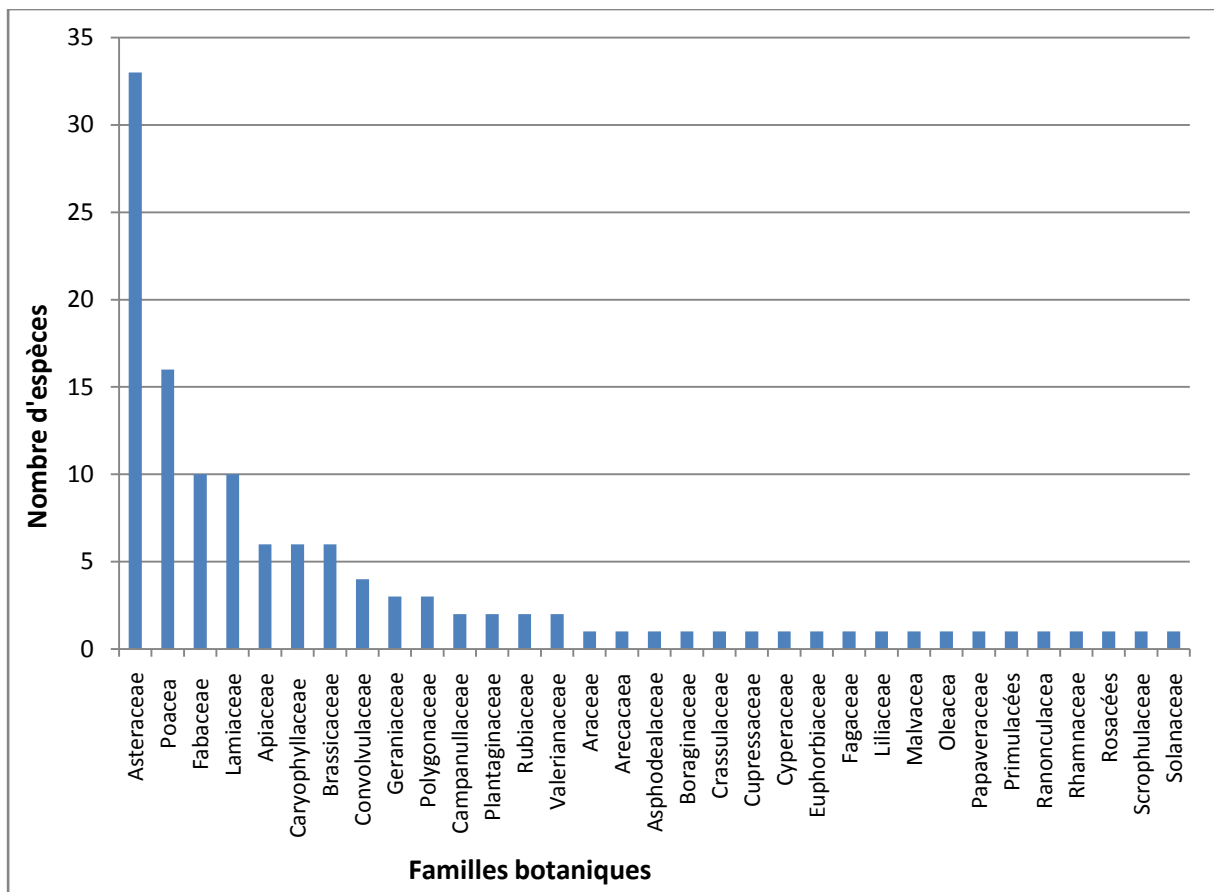


Figure 25 : Distribution des espèces par familles de plantes vasculaires au niveau de la chamaeropaie

### **III. 1. 1 Indice de Shannon-Weaver (H')**

L'indice de Shannon-Weaver mesure l'abondance des espèces en tenant compte de leur nombre et de la répartition des individus au sein de ces espèces. Ainsi une valeur élevée de cet indice reflète des conditions écologiques favorables pour l'installation d'un nombre élevé d'espèces représentées par un petit nombre d'individus. Il est admis que souvent dans la réalité, il varie entre des valeurs comprises entre 1 et 5.

Contre notre attente, malgré l'état de dégradation qu'a connue le versant sud du Jbel Lakraâ durant le siècle dernier, la valeur de notre indice est de 3.72. Elle peut être considérée comme relativement élevée et révèle l'importance de la diversité spécifique abritée par la Chamaeropaie. Un nombre important d'espèces ont été relevées sous des touffes cespiteuses du *Chamaerops humilis*. Ces espèces sont protégées contre le bétail par des feuilles jetées parfois jusqu'au sol avec de longs pétioles épineux. Elles bénéficient aussi de l'humidité du sol gardée plus longtemps sous les feuilles qui leurs servent comme abri contre l'intensité du rayonnement solaire durant les saisons chaudes.

### **III. 1. 2 Indice d'équitabilité (E)**

L'indice d'équitabilité (E) informe sur la structure d'abondance relative des espèces ou de leurs distributions. Il est compris entre 0 et 1. Il tend vers 1 lors d'une distribution équitable du nombre d'individus entre toutes les espèces. Tandis qu'il tend vers 0 dans le cas d'une distribution dominée par une seule espèce. La valeur de l'indice d'équitabilité de notre aire d'étude est de 0.58, ce qui pourrait refléter une distribution perturbée des espèces.

Cette perturbation de la composition floristique pourrait être due à la colonisation de notre zone d'étude par des espèces expansionnistes essentiellement *C. humilis* et *Asphodelus ramosus*, ainsi qu'à la prolifération de certaines espèces de Poaceae telles que *Aegilops neglecta* et *Hordeum murinum*. La famille des Poaceae représente 13 % de notre richesse spécifique, leur prolifération pourrait être considérée comme un indicateur de surpâturage (Ghiloufi et al., 2015 ; Catorci et al., 2011).

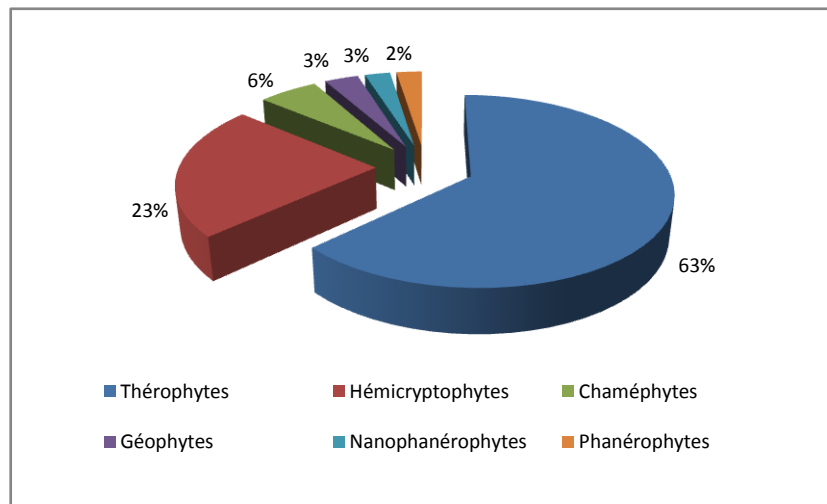
### **III.2 Spectre biologique**

Les plantes relevées dans le cadre de notre étude ont été classées selon leurs types biologiques (Raunkiaer, 1934). La figure 26 montre une large dominance des thérophytes qui représentent 63 % du spectre biologique de la chamaeropaie. En deuxième lieu, viennent Les hémicryptophytes avec 23 %. Quant aux types biologiques chaméphytes, géophytes,



nanophanérophytes et phanérophytes, ils ne totalisent que 14 %. Le classement par ordre décroissant des types biologique (Thérophytes (Th), Chaméphytes (Ch), Hémicryptophytes (He), Phanérophytes (Ph), Nanophanérophytes (Nph) et Géophytes (Ge) peut être représenté schématiquement comme suit :

**Th > He > Che > Ge et Nph > Ph**



**Figure 26 : Spectre biologique des espèces inventoriées dans la chamaeropaie**

Le spectre biologique de notre aire d'étude est caractérisé par une forte thérophytisation (63 %). La dominance des thérophytes a été enregistrée aussi au niveau des chamaeropaies algériennes avec 59 % dans les monts de Tlemcen (Taïbi et al., 2017 a ) et de 51 % dans les monts de Traras en Algérie (Bilem et al., 2015).

Chaque type biologique adopte une stratégie pour s'adapter à son environnement. La thérophytie peut être considérée comme une forme d'adaptation naturelle des plantes aux contraintes climatiques telles que le froid hivernal ou la sécheresse estivale (Daget, 1980 ; Barbero et al., 1990).

Les thérophytes ont une stratégie rudérale, ils peuvent coloniser des milieux fréquemment perturbés (Julve, 1989). Leur prolifération traduit aussi une réponse à la pression anthropozoïque (Floret et Pontanier, 1982). La forte dominance des thérophytes dans le contexte de notre étude pourrait refléter un stade avancé de la dégradation de la chamaeropaie. En effet, Quézel (2000) considère la thérophytisation comme un stade ultime de dégradation de la végétation.

La faible représentativité des phanérophytes enregistrée au niveau de notre spectre biologique peut confirmer la perturbation et les contraintes écologiques que subit le milieu, notamment le pâturage qui empêche ce type biologique d'arriver à la grenaison.

En effet, les phanérophytes sont qualifiées d'espèces compétitrices qui se développent surtout dans des milieux fertiles non perturbées en absence de facteurs contraignants (**Grime, 1977**).

### **III.3 Perturbation du milieu**

L'indice de perturbation IP exprime l'importance des types biologiques chamaephytes et thérophytes par rapport à la richesse spécifique totale. Il est de 69 % pour notre aire d'étude. Cet IP élevé exprime la dominance du spectre biologique par les thérophytes qui représentent 63 %. Il reflète aussi un degré important de déséquilibre et de perturbation du milieu. En effet, la perturbation du milieu contraint les espèces végétales à adopter des stratégies mieux adaptées aux conditions limitantes. **Grime (1977)** considère la stratégie rudérale des espèces thérophytes comme une réponse adoptée par les plantes dans un milieu perturbé.

La perturbation de notre aire d'étude pourrait être due essentiellement à une pression anthropozoiq démesurée, surtout suite à la destruction totale de la forêt de chêne vert survenue durant la fin du siècle dernier. Ce qui a amplifié le phénomène d'érosion du sol après la disparition des arbres qui fixaient le sol à l'aide de leur système racinaire puissant. En plus, bien sûr, des précipitations violentes de plus en plus intenses et fréquentes avec les changements climatiques et des pentes relativement fortes des versants sud du mont Lakraâ. En effet, la disparition de la couverture arborée et de celle des sols par piétinement et érosion peuvent entraîner une dégradation à la fois du capital biologique, mais aussi de l'équilibre écologique (**Quezel, 1999**).

Outre l'impact de la déforestation, le versant sud deJbel Lakraâ constitue un parcours intensément exploité par les populations environnantes. Le pâturage est pratiqué toute l'année tant qu'il existe de l'herbe à brouter. Généralement, les plantes sont exploitées sans répit, elles n'arrivent pas à achever leur cycle de développement pour pouvoir renouveler le stock de semences du sol nécessaire à leur pérennité. Une mise en défens temporaire s'avère donc nécessaire pour préserver ces parcours. Les pratiques d'Agdal jadis communes partout au Maroc, ne sont encore utilisées que dans les parcours du Haut Atlas. Il s'agit de pratiques ancestrales régies par des institutions coutumières qui veillent sur le respect de la réglementation d'usage de ces espaces. Les parcours sont mis en repos durant des périodes

critiques pour le développement de la flore (floraison et fructification). Ainsi, chaque Agdal est ouvert à une date précise de l'année qui dépend essentiellement de son altitude. La périodicité et la régularité des mises en défens permettent d'assurer un bon fonctionnement des milieux en assurant un repos à la végétation, un maintien d'une plus grande diversité floristique et assure la durabilité des parcours (**Genin et al., 2012**). D'où l'intérêt actuellement, de préserver ce savoir ancestral et ces institutions coutumières et de les intégrer harmonieusement dans les politiques publiques pour une gestion durable des écosystèmes montagneux.

Dans les forêts de la rive sud méditerranéenne, l'exploitation permanente et incontrôlée des parcours par les troupeaux, conjuguée à une exploitation anarchiques du bois entraînent une banalisation des cortèges floristiques (**Quezel, 1999**). Il en résulte une raréfaction puis une disparition des espèces végétales caractéristiques les plus significatives qui sont généralement fort appréciées par les troupeaux, au profit des espèces toxiques ou épineuses refusées par le bétail. La perturbation de notre site pourrait être traduite par la prolifération des espèces :

- expansionnistes telles que *C. humilis*, *Asphodelus ramosus*.
- toxiques pour le bétail : *Asphodelus ramosus*, *Urginea maritima*.
- épineuses peu ou non palatables : *Scolymus hispanicus*, *Galactites tomentosa*, *Carduus pycnocephalus*.

Ces espèces constituent la manifestation d'un processus lent de remplacement d'une forêt en dégradation (**Barbero et al., 1981; Quezel, 1999**).

#### **IV Conclusion**

Le présent chapitre a eu pour objectif d'évaluer la biodiversité abritée par la chamaeropaie du versant sud de Jbel Lakraâ et l'état de sa dégradation.

L'étude floristique a révélé une richesse spécifique de 115 espèces faisant partie de 82 genres et de 32 familles de plantes vasculaires, ainsi qu'une diversité spécifique relativement élevée avec un indice de Shannon de 3.72.

L'étude floristique a montré toutefois, une perturbation du milieu illustrée par un indice d'équitabilité de 0,58 et un indice de perturbation très élevé de 69%. Cette perturbation pourrait être confirmée par une forte thérophytisation qui est de 63% et par la prolifération d'espèces expansionnistes telles que *C. humilis*, *Asphodelus ramosus* et d'espèces toxiques

ou non palatables telles que *Urginea maritima*, *Scolymus hispanicus*, *Galactites tomentosa* et *Carduus pycnocephalus*.

La chamaeropaie dispose encore d'une richesse et d'une diversité floristique relativement importante. Il apparaît que le processus de sa dégradation déclenché et accéléré surtout après la déforestation massive est encore en marche. Ce qui pourrait avoir des répercussions négatives au niveau de l'érosion de la biodiversité et des sols.

Toutefois, notre étude reste limitée à une aire géographique restreinte et sous des conditions écologiques spécifiques. Il serait donc utile d'explorer d'autres formations à *C. humilis* dans des conditions environnementales différentes pour mieux appréhender leur diversité floristique et leur état de dégradation.

## **CHAPITRE 3 :**

### **Etude morphométrique du**

### ***Chamaerops humilis***

## I Introduction

L'étude floristique de la chamaeropaie du versant sud de Jbel Lakraâ a montré une perturbation de la composition floristique et une forte thérophytisation. Ce qui reflète l'état de perturbation et de dégradation du milieu. La formation de *C. humilis* peut être considérée comme le résultat d'une dynamique régressive suite à la disparition de la forêt de chêne vert. Elle subit à son tour, une pression anthropique de plus en plus accentuée, surtout après l'entrée en vigueur de la loi n°77-15 du 1<sup>er</sup> juillet 2016, relative à l'interdiction de l'utilisation des sacs en plastique. Par ailleurs, la demande en produits alternatifs (paniers, corbeilles, nattes, chapeaux,...), fabriqués à base de feuilles centrales du *Chamaerops* a augmenté suite à la tendance récente chez une frange de la population marocaine devenue de plus en plus importante, concernant le retour à la nature et aux produits naturels d'artisanat. Ainsi, le prélèvement excessif des feuilles du *C. humilis* pour fabriquer ces produits de vannerie contribue à l'épuisement des souches et par suite leur dégénérescence.

Lors des relevés floristiques, nous avons observé une surexploitation de certaines zones de la chamaeropaie, causant parfois une dégénérescence des souches. Ce qui nous a interpellés à compléter l'exploration floristique par une étude morphométrique des parties aériennes du *C. humilis* pour évaluer l'état de leur dégradation.

La morphométrie peut être définie comme une partie de la biométrie qui consiste à l'étude quantitative des formes d'organes ou la morphologie d'un être vivant. Son utilisation dans la caractérisation ou l'évaluation de dégradation des chamaeropaies reste encore peu utilisée. Parmi les rares études morphométriques sur le *C. humilis*, on peut citer celles qui ont été conduites en Algérie (**Bilem et al., 2015 ; Brahimi et al., 2016 ; Hasnaoui, 1998**) et en Sicile (**Giovino et al., 2010 ; 2014**).

Pour évaluer le degré de dégradation des plantes du *C. humilis*, nous avons procédé à des mesures morphométriques au niveau de deux strates bien différenciées, une anthropisée et l'autre arborée. Les mesures ont porté sur la hauteur et le diamètre de la frondaison des touffes, ainsi que sur le nombre de rejets par souche et des feuilles par individu. Ces mesures permettront de comparer la phytomasse produite par les touffes et les différentes corrélations qui pourraient exister entre les 4 variables mesurées au niveau des deux strates.

## II Matériel et méthodes

L'évaluation de la dégradation des plantes du *C.humilis* a été effectuée par des mesures morphométriques durant le mois de septembre 2016. Elles ont porté sur :

- \* Le nombre de feuilles par individu.
- \* La hauteur de la frondaison.
- \* Le diamètre de la frondaison.
- \* Le nombre de rejets par souche.

Pour mettre en évidence l'impact anthropozoïque sur la dégradation de la chamaeropaie, nous avons comparé des aires anthropisées où la strate arborée a complètement disparu et des aires arborées relictuelles où persistent encore quelques pieds de chêne vert.

Les aires anthropisées représentent la quasi-totalité de la chamaeropaie, elles sont facilement accessibles aux cueilleurs de feuilles et relativement plus proches aux habitations. Tandis que les aires arborées elles sont représentées par quelques ilots relictuels localisés au niveau de grands talwegs escarpés peu accessibles et relativement plus éloignés des habitations par rapport aux aires anthropisées.

Ainsi, nous avons adopté un échantillonnage stratifié aléatoire non proportionnel avec deux strates :

- ✓ Strate anthropisée
- ✓ Strate arborée

Le choix de ce type d'échantillonnage non proportionnel a été adopté pour pouvoir observer correctement la strate anthropisée dont la superficie est largement inférieure à celle de la strate arborée. La taille des échantillons a été de 100 individus pour la strate anthropisée et de 50 individus pour la strate arborée. Les observations ont porté sur des individus choisis au hasard au niveau des deux strates.

La comparaison des moyennes des 2 strates a été effectuée par le test de Student (t), après avoir vérifié que les 4 variables ont satisfait les conditions de normalité et d'homogénéité de leurs variances. Le test de Student (t) consiste à vérifier l'hypothèse nulle  $H_0$ , qui signifie qu'il n'y a pas de différence entre les moyennes des deux strates.

L'étude des relations entre les variables mesurées pourrait contribuer à mieux évaluer l'état de dégradation de la chamaeropaie. Elles ont été mesurées par le test de corrélation de Pearson qui consiste à déterminer l'absence ou la présence d'une relation linéaire significative entre les variables.

Le calcul du coefficient de corrélation de Pearson repose sur le calcul de la covariance entre deux variables continues, selon la formule suivante :

$$r = \frac{\text{cov}(x, y)}{\sigma_x \sigma_y}$$

cov (x,y) : Covariance des variable x et y

$\sigma_x$ ,  $\sigma_y$  : Ecart type x et y

L'hypothèse nulle signifie que les deux variables ne sont pas associées, qu'il n'existe pas de relation entre elles. L'interprétation des valeurs du coefficient de corrélation r est comme suit :

- Un coefficient proche de 1 signifie une forte corrélation positive entre les variables.
- Un coefficient proche de -1 signifie une forte corrélation négative entre les variables.
- Un coefficient proche de 0 signifie une faible corrélation entre les variables.

La taille d'effet de la corrélation consiste à qualifier la force d'association qui existe entre les variables. Les limites suivantes ont été utilisées selon les balises de **Cohen (1988)** :

- 0.5 à 1 ou - 0.5 à -1 : Corrélation forte.
- 0.3 à 0.5 ou - 0.3 à - 0.5 : Corrélation moyenne.
- 0.1 à 0.3 ou - 0.1 à - 0.3 : Corrélation faible.
- - 0.1 à 0.1 : Corrélation très faible ou absence de relation.

Les traitements statistiques ont été réalisés par le logiciel IBM SPSS Statistics 22.

### III Comparaison des moyennes

Les mesures des variables morphométriques ont porté sur 100 individus au niveau de la strate anthropisée et 50 individus au niveau de la strate arborée (Annexes 3). Le tableau 25 montre une nette différence enregistrée entre les deux strates concernant les moyennes du diamètre et de la hauteur de la frondaison ainsi que de celles du nombre de feuilles par individu. Les dimensions des frondaisons et le nombre de feuilles par individu des touffes de la strate arborée sont nettement plus grands que ceux de la strate anthropisée. En effet, l'analyse statistique par le test t de Student a montré qu'il existe une différence significative entre les deux strates pour ces trois variables. Alors que le nombre de rejets moyen par souche varie très peu entre les deux strates (5 à 6 rejets). Le test de student a montré qu'il n'existe pas de différence significative entre les deux strates pour le nombre de rejets par souche (Annexes 4).



Tableau 25 : Mesures moyennes des variables morphométriques du *Chamerops humilis*

Strates	Diamètre de la frondaison (cm)	Hauteur Frondaison (cm)	Nombre de feuilles par individu	Nombre rejets par souche
Strate anthropisée	46,01	44,53	9,62	5,56
Strate arborée	75,42	63,52	12,88	5,8
Moyenne générale	60,72	54,03	11,25	5,68

La quantité de phytomasse produite par les touffes du *C. humilis* peut varier en fonction de la pression anthropozoïque et des conditions écologiques de la station. Elle est plus importante au niveau de la strate arborée en comparaison avec la strate anthropisée. Une étude comparative de 2 chamaeropaies en Algérie a montré que la phytomasse des pieds du *C. humilis* dans les monts de Tlemcen a été plus faible que celle des individus du mont Traras et cela a été dû aux agressions anthropozoïques (Bilem, 2012).

Le faible développement des parties aériennes des pieds du *C. humilis* dans la strate anthropisée pourrait refléter l'intensité de la pression anthropozoïque que subit la chamaeropaie. Le prélèvement excessif des feuilles impacte le développement normal des plantes. Les feuilles périphériques sont régulièrement prélevées pour alimenter l'unité de fabrication de crin végétal d'Ikharwaen située à environ 10 km de notre aire d'étude. Celle-ci représente l'une des rares unités encore fonctionnelles au Maroc. Par ailleurs, les feuilles centrales sont prélevées pour la fabrication de produits artisanaux. Le prélèvement des feuilles est effectué pendant la période estivale par des cueilleurs des douars environnants ou parfois venus de régions lointaines. Un homme peut prélever jusqu'à 7 à 13 Mezlag /jour (Un Mezlag est constitué par 3 rangées linéaires de feuilles centrales rattachées, de 1 m de long). Aucune pratique de mise en repos n'est pratiquée pour permettre aux touffes du *Chamaerops* de reconstituer leurs réserves, le même pied pourrait être exploité annuellement tant qu'il renferme des feuilles centrales commercialisables.

En plus, les feuilles sont broutées par le bétail pendant les périodes où la strate herbacée est appauvrie et les plantes palatables se font rares, surtout pendant les années de sécheresse.

La surexploitation des feuilles entraîne un faible développement des touffes avec des frondaisons rabougries et moins développées. Les souches épuisées deviennent plus

vulnérables aux stress environnementaux, ce qui pourrait causer leur éventuelle dégénérescence.

La dégénérescence des souches semble aggraver sérieusement l'état de dégradation du versant sud du mont Lakraâ. Le sol n'est plus fixé par les puissantes racines fasciculées des souches du *C. humilis*. Il est facilement arraché par l'érosion hydrique qui est devenue de plus en plus agressive suite aux changements climatiques qui se manifestent par une augmentation de l'intensité et de la fréquence des averses et des orages violents. Il en résulte des pertes de quantités énormes de sol causant une dénudation d'importantes surfaces où affleure la roche mère (Photo 18). D'ailleurs, le *C. humilis* est une espèce très utile en matière de lutte contre l'érosion et la désertification (Castellana, 2017). Au contraire, les touffes se portent bien au niveau de la strate arborée, elles sont vigoureuses et représentent un taux de recouvrement supérieur à 50 % (Photo 19).

#### IV Corrélation entre les variables morphométriques

Le coefficient de corrélation de Pearson a été calculé pour déterminer les relations qui pourraient exister entre les 4 variables morphométriques traitées deux à deux. Cela va permettre aussi de comparer ces relations vis-à-vis des deux strates.

Le tableau 26 montre que pour les deux strates, le nombre de rejets par souche varie indépendamment des autres variables. La corrélation est très faible entre le nombre de rejets et le nombre de feuilles, et faible entre le nombre de rejets et les deux variables hauteur et diamètre de frondaison. Tandis que le diamètre et la hauteur de la frondaison sont fortement corrélés, avec un coefficient  $r$  de 0.91 (Annexe 5).

**Tableau 26 : Tableau des corrélations des variables morphométriques du *Chamerops humilis***

Variables morphométriques	Coefficient de corrélation $r$	
	Strate anthropisée	Strate arborée
Diamètre frondaison/ Hauteur frondaison	0.91	0.91
Diamètre frondaison / Nombre feuilles	0.41	0.72
Diamètre frondaison / Nombre rejets	- 0.26	0.24
Hauteur frondaison /Nombre feuilles	0.42	0.63
Hauteur frondaison / Nombre rejets	- 0.24	0.17
Nombre feuilles / Nombre rejets	0.07	0.11



**Photo 18 :** Mise à nue de la roche mère au niveau de la strate anthropisée après la dégénérescence des touffes du *Chamaerops humilis*



**Photo 19 :** Touffes de *Chamaerops humilis* bien développées de la strate arborée

Les relations entre les couples de variables (Diamètre / Nombre de feuilles) et (Hauteur / Nombre de feuilles) sont différentes entre les deux strates. La corrélation est forte entre ces deux couples au niveau de la strate arborée avec des coefficients respectifs de 0.72 et 0.63. Quant à la strate anthropisée, la corrélation est moyenne avec des coefficients respectifs de 0.41 et 0.42. Une corrélation encore plus forte est obtenue au niveau des chamaeropaie des monts de Tlemcen avec respectivement de 1 et 0,83 (**Hasnaoui, 1998**). Le diamètre de la frondaison et le nombre de feuilles devraient normalement être fortement corrélés, étant donné que, plus le nombre de feuilles augmente, plus leur déploiement occuperait un plus grand espace et par suite une plus grande frondaison. La corrélation relativement faible,

enregistrée au niveau de la strate anthropisée serait due essentiellement à la forte pression anthropozoïque qu'elle subit. L'impact anthropique demeure le paramètre le plus important dans le développement morphométrique et phénologique de la chamaeropaie (**Bilem, 2012**).

Les faibles corrélations entre les variables morphométriques au niveau de la strate anthropisée pourraient être considérées comme une conséquence des perturbations d'origine anthropozoïque. La stratégie adaptative des individus dans les zones dégradées peut causer des différences sensibles de leurs comportements d'une station à une autre (**Hasnaoui, 1998**).

En effet, la demande en feuilles du *C. humilis* pour la fabrication des produits artisanaux a connu une augmentation importante suite à l'entrée en vigueur de la loi n°77-15 depuis le 1<sup>er</sup> juillet 2016. Les feuilles du *C. humilis*, une matière première abondante et bon marché représentent un substitut au plastique pour fabriquer des produits alternatifs. D'après des enquêtes auprès des exploitants de cette ressource, les prix ont augmenté en moyenne d'environ 30 % après l'interdiction d'usage de sacs en plastique. Ils sont passés de 30 à 45 Dirhams l'unité de Mezlag (3 rangées de feuilles superposées d'un mètre de long).

## V Conclusion

Le présent chapitre a été consacré à l'étude morphométrique des parties aériennes du *C. humilis*, et ce pour évaluer la dégradation de la chamaeropaie du versant sud de jbel Lakraâ.

L'étude morphométrique a confirmé l'impact anthropozoïque sur la dégradation de la chamaeropaie. La phytomasse des pieds du *C. humilis* de la strate arborée est relativement plus importante que celle de la strate anthropisée. L'analyse statistique par le test de Student a montré que le diamètre et la hauteur de la frondaison, ainsi que le nombre de feuilles par individu de la strate arborée sont significativement supérieurs à ceux de la strate anthropisée.

Il semble que les faibles corrélations entre les variables morphométriques au niveau de la strate anthropisée pourraient être considérées comme une conséquence des perturbations d'origine anthropozoïque. Les corrélations entre les variables morphométriques au niveau de la strate arborée sont plus fortes en comparaison avec celles de la strate anthropisée.

L'étude morphométrique a montré un état dégradé des touffes du *C. humilis*. Elle confirme une situation alarmante et une tendance dramatique qui pourrait survenir suite à la dégénérescence accélérée de ces touffes. La perturbation et le déséquilibre de la composition floristique ainsi que l'érosion avancée des sols auraient des conséquences écologiques et socioéconomiques désastreuses.

La préservation des chamaeropaies devrait être considérée comme une des priorités des pouvoirs publics. Une approche intégrée serait nécessaire pour sauvegarder ce patrimoine aussi important que les autres écosystèmes forestiers. Ainsi, il serait judicieux de restituer la strate arborée du versant sud du mont Lakraâ par des reboisements d'essences autochtones. Réglementer l'exploitation des feuilles du *C. humilis* tout en impliquant la population locale et la société civile pour qu'ils puissent s'approprier le projet de préservation de la chamaeropaie.

Par ailleurs, l'étude histométrique pourrait être envisagée aussi pour comprendre l'impact des conditions climatiques, édaphiques et anthropozoïques sur le développement et l'adaptation des plantes du *C. humilis*.

## **QUATRIEME PARTIE :**

---

### **Impact de la reforestation par**

---

#### ***le *Pinus halepensis****

---

## **CHAPITRE 1 :**

### **Caractéristiques générales du**

### ***Pinus halepensis* Mill.**

## I Introduction

Le pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.) est une espèce forestière de conifère, caractéristique des forêts méditerranéennes. Le nom *halepensis* dérive de celui de la ville syrienne Alep (Haleb) (CABI, 2013). Toutefois, c'est plutôt *Pinus brutia* Ten. qui pousse dans la région d'Alep, tandis que *Pinus halepensis* Mill. se concentre dans la partie occidentale du pourtour de la Méditerranée avec environ 6,8 millions d'hectares (Le Houérou, 1980 ; Mauri et al., 2016). C'est un arbre originaire de la région méditerranéenne, il a de faibles exigences écologiques, présente une grande rusticité et résiste assez bien aux conditions de sécheresse estivale (Fernández-Ondoño et al., 2010).

Il constitue une des principales espèces de reboisement dans la région méditerranéenne, vu son aptitude à s'adapter à différents climats et sols, son rendement et son importance économique (Alaoui, et al., 2011; Fernández-Ondoño et al., 2010). Il a été largement planté entre les années trente et soixante-dix dans les zones méditerranéennes pour la protection des sols et comme brise-vent près des côtes (Mauri et al., 2016).

## II Aire naturelle du *Pinus halepensis* Mill.

Le pin d'Alep est une essence très répandue dans la partie occidentale de la Méditerranée comprise entre les coordonnées Lambert 45° et 31° nord (Farjon, 2010 ; Chambel et al., 2013). Il est très fréquent en Afrique du Nord (Maroc, Algérie, Tunisie, Libye) et en Europe du Sud (France, Italie, Espagne, Grèce, Malte, Croatie et Albanie). Il existe aussi dans le bassin méditerranéen oriental sous forme de quelques populations naturelles et artificielles en Turquie, en Jordanie, en Palestine, au Liban et en Syrie (CABI, 2013). Il occupe avec le pin de canaries *Pinus canariensis* la zone la plus méridionale des pins méditerranéens (Chambel et al., 2013). Le *P. halepensis* est connu dans toute la région méditerranéenne soit comme un arbre spontané, soit comme une essence de reboisement. Ses forêts occupent environ 3,5 millions d'hectares (Barbero, 1992 ; Le Houérou, 2005).

Au Maroc, le *P. halepensis* est peu abondant à l'état spontané (Belghazi et al., 2000), il couvre près de 60 000 ha, soit environ 7.9 % de la superficie totale des résineux des forêts naturelles (FAO, 2015). Il s'agit d'une essence expansionniste caractérisée par une fructification précoce, une forte production de graines et un fort pouvoir de dispersion (Barbero et al., 1990 ; Fernandez, 2007). Sa régénération naturelle est plus massive après le passage du feu, d'où sa remarquable dynamique et l'extension de ses peuplements (Benabid



et Fennane, 1994). Sa valeur climacique est contestée, toutefois, il existe beaucoup de pinèdes naturelles en équilibre avec leurs milieux, sur le pourtour des grands massifs montagneux (Quezel et Barbero, 1992). Les peuplements naturels sont disjoints et dispersés sur les chaînes montagneuses du pays depuis le littoral méditerranéen au niveau de la mer (région de Méllilia) jusqu'à environ 2 000 m au Haut Atlas (vallée de Tessaout). Il est présent dans le Rif en particulier sur le versant méditerranéen (Nador, Aknoul), le Moyen Atlas (régions de Taza, El Hammam,) et dans le Haut Atlas sous forme de peuplements très éparses (vallée de Tessaout, d'Ahansal et d'Assif Melloul, forêts de Tamga). De beaux peuplements s'observent encore dans les Bni Snassène, Tafoghalt, les montagnes de Debdou et dans la partie orientale du pays (Belghazi et al., 2000). Les peuplements purs du *P. halepensis* sont assez rares, ils sont souvent en mélange avec d'autres espèces arborescentes et arbustives : *Tetraclinis articulata*, *Juniperus phoenicea*, *Quercus ilex*, *Pistacia lentiscus*, *Phillyrea sp.*, *Rosmarinus officinalis*, *Rosmarinus tounisefortii*, *Stipa tenacissima*, *Globularia alypum*, *Cistus sp.* Il n'existe pas de cortège floristique propre au *P. halepensis*, d'où sa faible valeur phytosociologique (Benabid et Fennane, 1994).

### III Caractéristiques morphologiques du *Pinus halepensis* Mill.

L'arbre du *P.halepensis* peut atteindre 15 à 20 mètres de hauteur. Au stade juvénile, les branches forment une couronne largement conique ou en forme de dôme, s'aplatissant et s'ouvrant avec l'âge en devenant plus ou moins étalée, devenant souvent penchée et peu droite avec une cime écrasée, irrégulière et claire (Chambel et al., 2013). Le tronc est généralement tortueux, irrégulier et branchu avec un diamètre allant de 80 à 100 cm, l'écorce est grisâtre, initialement lisse, virant au brun rougeâtre et finement fissurée avec le vieillissement (Farjon, 2010).

Les aiguilles sont vert clair et sont disposées en groupe de deux (parfois trois) de 6 à 12 cm de long et de moins de 1 mm de large, avec des stomates qui couvrent toute la surface des feuilles (CABI, 2013).

Les cônes sont très pédonculés, allongés et réfléchis vers la base du rameau, isolés ou par paires (rarement verticillés). L'écusson de l'écaille porte au centre un ombilic relevé muni d'un petit mucron et plus ou moins recourbé. Les cônes produisent des graines avec des ailes allongées et presque droites des deux côtés (Nahal, 1962).

#### **IV Ecologie du *Pinus halepensis* Mill.**

Le *P. halepensis* est une espèce thermophile caractéristique des étages thermo-méditerranéens et méso-méditerranéens, soit entre 0 et 300 à 600 m en Méditerranée septentrionale, et entre 0 et 1200 à 1400 m en Méditerranée méridionale (**Quézel, 1980**). Néanmoins dans les pays du Maghreb, il pénètre largement dans l'étage supra-méditerranéen et atteint des altitudes beaucoup plus élevées, près de 2 000 m dans l'Aurès en Algérie et jusqu'à 2 600 m dans le Haut Atlas central au Maroc (**Benabid, 2000 ; Benabid et Fennane, 1994 ; Quezel, 1986 ; Quezel et Barbero, 1992**).

Sur le plan bioclimatique, le *P. halepensis* trouve son plein développement dans l'étage semi-aride mais il peut occuper aussi les étages bioclimatiques arides supérieurs, subhumide et humide (**Nahal, 1986**).

Le *P. halepensis* est une espèce dotée d'une grande plasticité écologique, il pousse dans les régions arides où les précipitations descendent jusqu'à 200 mm dans l'Atlas Saharien en Algérie et en Tunisie ainsi que dans les régions humides avec des pluviométries qui peuvent atteindre 1 500 mm dans le littoral algérien. Alors que son développement optimal se situe entre 350 et 700 mm (**Quezel et Barbero, 1992**).

C'est une espèce thermophile, pouvant résister à des températures très élevées, son optimum de développement est enregistré entre les températures moyennes maximales de 32 °C et 33°C (**Kadik, 1987**). Son aire de répartition dans le climagramme d'Emberger se situe entre des valeurs moyennes de m (moyenne des minima du mois le plus froid) comprises entre - 3 et + 10°C (**Quezel, 1986**).

Le froid constitue un des principaux facteurs limitant sa croissance. Toutefois, il peut résister à des températures très basses allant jusqu'à -15 à -18 °C, à condition qu'elles restent exceptionnelles et de courtes durées et qu'elles surviennent avant le démarrage de la végétation. Ces froids causent toujours une coloration rousse des feuilles et un ralentissement de la croissance des arbres pendant une ou plusieurs années et même pourraient provoquer quelquefois leur mort (**Bedel, 1986**).

Le *P. halepensis* est peu exigeant en matière du sol, Il préfère les substrats meubles ou friables tels que les substrats marneux et calcaro-marneux, où les sols sont profonds et permettent une bonne pénétration du système racinaire (**Quezel, 1986 ; Fady et al., 2003**). Cependant, il tolère mal les substrats sablonneux qui peuvent provoquer en été un assèchement trop intense des horizons supérieurs (**Bedel, 1986**). Il craint aussi beaucoup les substrats lourds qui peuvent causer pendant les saisons humides l'asphyxie des racines.

Par ailleurs, il supporte un taux élevé de calcaire actif, il pousse ainsi sur les calcaires compacts, mais également sur les substrats non calcaires tels que les schistes et les micaschistes (**Quezel et Barbero, 1992**).

La nature de l'enracinement dépend de la profondeur du sol. L'arbre développe un système racinaire pivotant et de fortes racines latérales lorsque les sols sont profonds, et superficiel avec des racines parfois apparentes à la surface du sol lorsque les sols sont maigres. Néanmoins, l'arbre est en général fortement accroché au sol et peut vivre sur des sols très érodés, rocheux (**Nahal, 1962**).

## **CHAPITRE 2 :**

# **Impact de la reforestation par le *Pinus halepensis* Mill. sur la biodiversité végétale**

## I Introduction

La dégradation des écosystèmes de la vallée Zloul depuis la dernière moitié du siècle dernier pourrait être considérée comme alarmante. Outre la disparition du couvert forestier des versants sud du Jbel Lakraâ et de Jnab Diss, la forêt Beni Sohane a connu aussi des dégâts considérables, se manifestant parfois par des déboisements massifs, des incendies, une érosion des sols allant jusqu'à creuser des ravineurs profonds qui dépassent parfois les 4 m.

Cette dégradation pourrait être expliquée essentiellement par une forte pression anthropozoïque sur les ressources naturelles suite à l'augmentation des besoins des populations locales devenues de plus en plus exigeantes en matière de consommation, ainsi que par le stress climatique méditerranéen accentué par les changements climatiques, caractérisés surtout par des vagues de sécheresses de plus en plus récurrentes et des orages de plus en plus violents.

L'apparition d'importantes zones déboisées et d'autres clairsemées dans la forêt Beni Sohane a incité les services des Eaux et Forêts à procéder à des opérations de reboisement de pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.) depuis les années 1970, sur le côté sud ouest de la forêt au sud de l'oued Qaria. En suite, ces opérations ont été poursuivies dans plusieurs sites de la garrigue en deux autres vagues, la deuxième durant les années 80 et la troisième durant la première décennie de ce siècle.

Ces opérations de reboisement s'inscrivent dans le cadre des programmes nationaux de reboisement conduits par le département forestier au Maroc depuis les années 1960 et qui visent à conserver le domaine forestier, de restaurer les écosystèmes menacés, de reconstituer ceux qui ont disparu et aussi pour satisfaire les besoins en produits ligneux (**Wahid et al., 2010**). Le *P. halepensis* représentait une essence appropriée pour atteindre ces objectifs. Durant le 20<sup>ème</sup> siècle, Il a fait l'objet des reboisements de grandes surfaces dans la Méditerranée et dans le monde (**Ne'eman et Trabaud, 2000**). Il a été une des premières essences à avoir été utilisées pour le reboisement au Maroc, et ce dès 1920-1925 (**Azeba, 1981**). Il constitue aussi la principale espèce résineuse reboisée en raison de sa plasticité, de son rendement et de son importance économique (**Alaoui et al., 2011**).

La forêt Beni Sohane est constituée essentiellement d'une mosaïque de peuplements arborés. Le reboisement des zones déboisées a été réalisé par une espèce non indigène *P. halepensis*. Il visait à renforcer la strate arborescente, lutter contre l'érosion des sols, légitimer aussi la mise en défens de ces parcelles et permettre ainsi la régénération de ces écosystèmes. Néanmoins, l'impact des reboisements sur la biodiversité reste tributaire du couvert végétal

sur lequel ont été effectuées ces plantations et de la nature des espèces d'arbres plantées (**Bremer et Farley, 2010**). En effet, plusieurs études ont montré que les reboisements d'espèces exotiques avaient un effet négatif sur la biodiversité (**Alrababah et al., 2007 ; Buscardo et al., 2008 ; Duffy, 2014 ; Gutierrez Flores et Becerra Osses, 2017**). Alors qu'ils pourraient contribuer positivement à enrichir la biodiversité lorsqu'ils sont établis sur des terres dégradées plutôt que de remplacer des écosystèmes naturels tels que des forêts, des prairies et des zones arbustives (**Bremer et Farley, 2010**).

L'impact de la reforestation par une espèce exotique *P. halepensis* sur la biodiversité de la forêt Beni Sohane n'a pas été encore évalué. Par ailleurs, cette zone présente un atout considérable, elle permet d'étudier l'impact de la reforestation durant une période assez longue d'environ 45 ans et de pouvoir aussi évaluer son évolution en fonction des âges des plantations. Pour répondre à ces objectifs, nous avons exploré les relevés floristiques effectués durant les printemps des années 2015 / 2016 et 2017.

## II Matériel et méthodes

### II.1 Présentation de la zone d'étude

La zone d'étude de cette partie se situe dans la forêt Beni Sohane. Celle-ci occupe une superficie de 12 123 ha, elle est limitée par les coordonnées Lambert (X = 584 Km à 620 Km ; Y= 334 Km à 370 Km). L'altitude varie entre 800 m à 331 m.

La forêt Beni Sohane est composée des principales essences forestières suivantes :

- Le cèdre (*Cedrus atlantica*) : Il est représenté par quelques vieux peuplements purs ou en mélange avec du chêne vert en hautes altitudes sur des fortes pentes à l'est de la forêt. Il est accompagné aussi d'un cortège floristique composé essentiellement par des xérophytes épineux.

- Le chêne vert (*Quercus ilex*) : Il représente la principale essence forestière et occupe la plus grande surface de la forêt et se présente principalement en taillis à l'état pur ou en mélange avec d'autres essences forestières.

- Les genévriers (*Juniperus thurifera*, *Juniperus oxycedrus* et *Juniperus phoenicea*) :

Le genévrier thurifère (*Juniperus thurifera*) est représenté par de vieux sujets mutilés et dégénérés au niveau des sommets à l'ouest de la forêt, vu que sa régénération naturelle est quasi nulle. Le genévrier oxycèdre (*Juniperus oxycedrus*) occupe une large gamme altitudinale, il s'infiltré dans les hautes altitudes en compagnie du *Cedrus atlantica*, et descend jusqu'aux basses altitudes au fond de la vallée. Il est présent dans la plupart des

peuplements comme essence secondaire. Le genévrier rouge (*Juniperus phoenicea*) occupe quant à lui les zones dégradées de la forêt au niveau des basses altitudes de la forêt.

- Le thuya de Berbérie (*Tetraclinis articulata*) : Il se localise au niveau des zones les plus basses et chaudes et les plus dégradées de la forêt, en mélange avec le genévrier rouge et l'oléastre (*Olea europaea subsp. oleaster*).

- Le pin d'Alep (*Pinus halepensis*) : Il s'agit d'une espèce non autochtone récemment introduite lors des reboisements réalisés par les services des Eaux et Forêts au cours de la période 1975- 2010. Il se trouve souvent en mélange avec le chêne vert, le genévrier rouge et le thuya.

## II.2 Etude floristique

Pour évaluer la biodiversité abritée par la chamaeropaie et l'état de sa dégradation, nous avons exploité les relevés floristiques qui ont été effectués dans le cadre de l'étude de la végétation. La méthode floristique utilisée est détaillée dans la section II, chapitre 2 de la deuxième partie.

La méthode des transects nous a permis d'appréhender au maximum les différents types de peuplements du *P. halepensis* selon leurs âges de plantation ainsi que les différentes situations topographiques, géologiques, géomorphologiques et végétales du milieu.

Les relevés floristiques ont concerné des parcelles reboisées de différents âges de plantations ( $\pm 12$  ans,  $\pm 30$  ans et  $\pm 45$  ans) et des parcelles témoins non reboisées. Ainsi, au total 50 relevés floristiques ont été explorés :

- 25 relevés réalisés sur des terrains reboisés :

\* 9 relevés pour les jeunes plantations de la période 2000 à 2010 ( $\pm 12$  ans ( $A_1$ )).

\* 8 relevés pour les plantations d'âges moyens de la période 1983 à 1985 ( $\pm 30$  ans ( $A_2$ )).

\* 8 relevés pour les plantations les plus âgées de la période 1975 à 1978 ( $\pm 45$  ans ( $A_3$ )).

- 25 relevés témoins réalisés sur des terrains non reboisés.

## III Résultats et Discussion

### III.1 Richesse floristique

L'exploration floristique des 50 relevés réalisés dans la forêt Beni Sohane a permis d'identifier 133 espèces appartenant à 104 genres et 39 familles de plantes vasculaires. La composition floristique de la zone d'étude est dominée par les familles des Asteraceae, des Fabaceae et des Poaceae avec respectivement 15 %, 14 % et 11 % qui occupent à elles seules

41 %. En deuxième lieu viennent les familles des Cistaceae et des lamiaceae avec 6 %, suivies des familles des Apiaceae, Asparagaceae et des Plantaginaceae avec 4 % et la famille des caprifoliaceae avec 3 %. Enfin, les 30 familles restantes ne représentent que 1 à 2 % (Figure 27).

La composition floristique des parcelles reboisées et celle des témoins sont dominées par les mêmes familles qui dominent en général dans l'aire d'étude globale. Toutefois, il convient de souligner que les Fabaceae sont moins représentées dans les parcelles reboisées que dans les parcelles témoins, elles occupent la troisième place pour les parcelles reboisées avec seulement 10 % alors qu'elles occupent la deuxième place pour les parcelles témoins avec 14 %. Par contre les Apiaceae sont plus représentées dans les parcelles reboisées que dans les parcelles témoins avec respectivement 6 % et 3 % (Figure 28).

La richesse floristique enregistrée dans les parcelles reboisées est de 72 espèces, appartenant à 60 genres et 28 familles. Elle est nettement inférieure à celle enregistrée dans les parcelles témoins qui est de 117 espèces appartenant à 91 genres et 35 familles, soit 37 % moindre pour les espèces, 32 % pour les genres et 20 % pour les familles.

### III.2 Diversité floristique

#### III. 2. 1 Indice de Shannon-Weaver (H')

L'indice de Shannon-Weaver (H') a été calculé pour évaluer la diversité floristique en prenant en compte en plus du nombre d'espèces, la distribution des individus au sein de ces espèces. Il prend des valeurs élevées lorsque les conditions environnementales sont optimales pour l'installation d'un grand nombre d'espèces représentées par un petit nombre d'individus. En général, il prend des valeurs comprises entre 1 et 5. Il est de 3.97 pour l'ensemble des relevés de la forêt Beni Sohane, il peut donc être considéré comme relativement élevé et reflète aussi l'importance de la flore abritée par cette forêt (Tableau 27). Tandis que pour les parcelles reboisées, la valeur de l'indice de Shannon-Weaver est de 2.79, elle est nettement inférieure à celle enregistrée par les parcelles témoins qui est de 4.24.

Des effets négatifs similaires sur la biodiversité floristique, avec des richesses et des diversités floristiques inférieures à celles des peuplements indigènes ont été obtenus suite aux reboisements de *P. halepensis* (Salvatore et al., 2012), de *P. strobus*, *P. resinosa* et *P. echinata* (Duffy, 2014) et de *P. radiata* (Gutierrez Flores et Becerra Osses, 2017). D'autres travaux ont montré que l'introduction de *P. halepensis* a un effet négatif sur les arbustes existants en fin de succession et suggère que cette introduction ne stimule pas les processus de



succession de la végétation dans les zones semi-arides de la Méditerranée (Bellot et al., 2004).

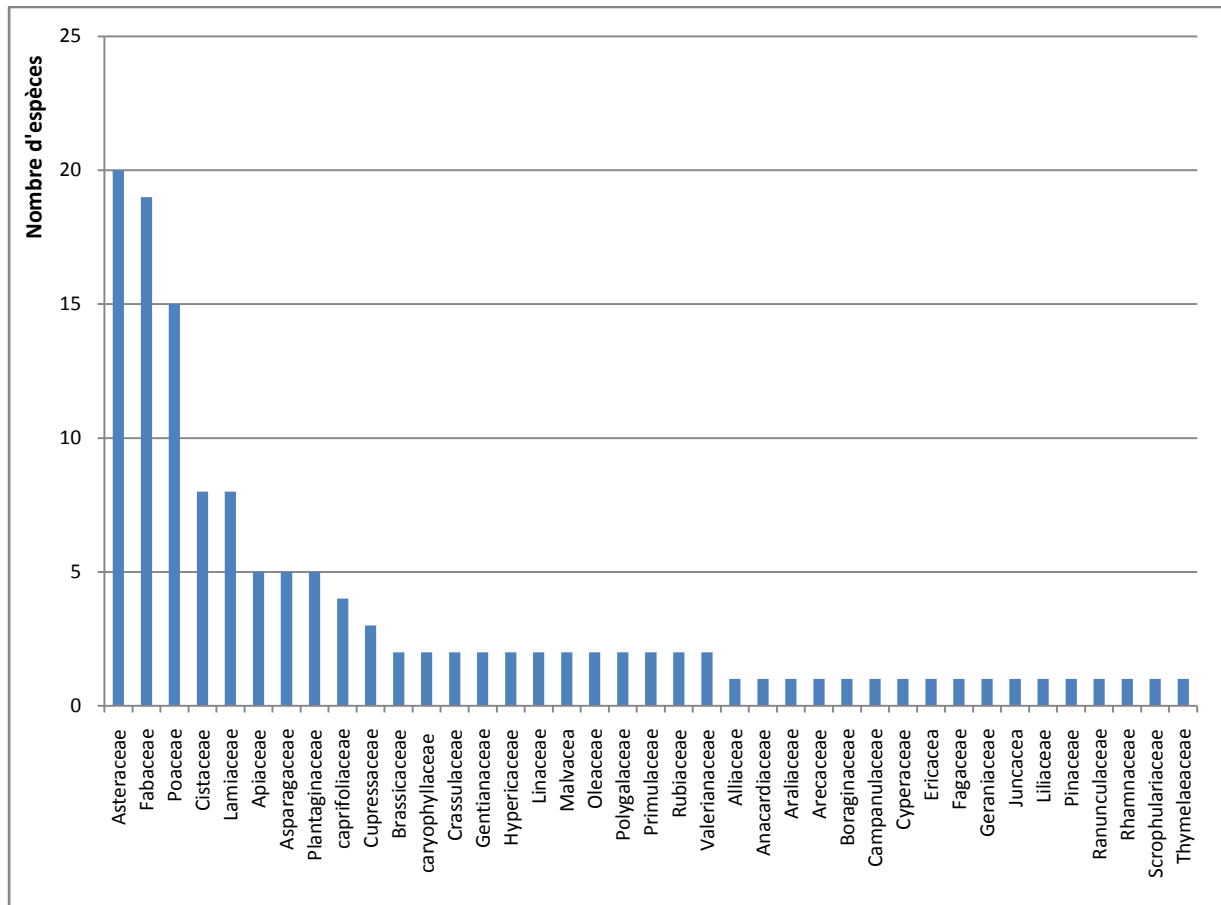


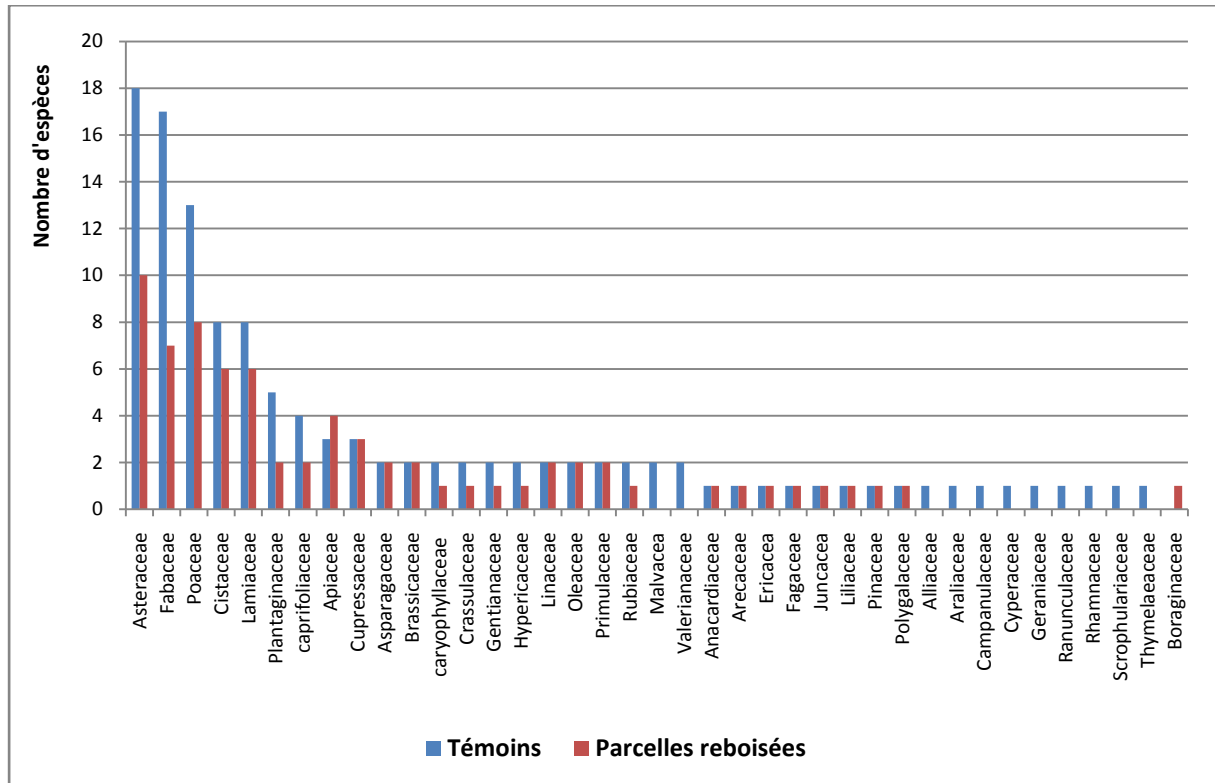
Figure 27 : Richesse spécifique de l'aire d'étude

### III. 2. 2 Indice d'Équitabilité de Pielou (E)

L'indice d'équitabilité complète souvent l'indice de Shannont-Weaver, il définit la structure d'abondance relative des espèces ou leur distribution indépendamment de la richesse spécifique. Il est compris entre 0 et 1, une valeur proche de 1 indique une distribution équitable et inversement, une valeur proche de 0 indique une distribution dominée par une seule espèce.

Contrairement à l'indice de shannon-Weaver, il semble que la reforestation par le *P. halepensis* n'a pas un effet bien distinct sur l'indice d'équitabilité de Pielou (E). Les valeurs enregistrées par cet indice montrent une composition floristique déséquilibrée aussi bien pour l'aire d'étude que pour les parcelles reboisées et les parcelles témoins avec respectivement 0.56, 0.45 et 0.61 (Tableau 27). Toutefois, la distribution des espèces au niveau des parcelles

témoins pourrait être considérée comme relativement plus équitable que celle des parcelles reboisées.



**Figure 28 : Comparaison de la richesse spécifique des parcelles reboisées et des parcelles témoins**

**Tableau 27 : Comparaison de la richesse, des indices de la diversité et de la perturbation floristiques**

Désignations	Forêt Beni Sohane	Parcelles reboisées (A <sub>1</sub> + A <sub>2</sub> + A <sub>3</sub> )	Parcelles témoins	Parcelles reboisées		
				A <sub>1</sub> (± 12 ans)	A <sub>2</sub> (± 30 ans)	A <sub>3</sub> (± 45 ans)
Espèces	133	72	117	50	42	32
Genres	104	60	91	44	36	30
Familles	39	28	38	26	18	18
Indice de Shannon-Weaver (H')	3.97	2.79	4.24	3.66	2.09	2.07
Indice d'équitabilité de Pielou (E)	0.56	0.45	0.61	0.65	0.39	0.41
Indice de perturbation IP (%)	63.28	59.7	65.5	63.3	61.9	42.4

L'impact négatif de la reforestation par le *P. halepensis* sur la richesse floristique s'accroît avec l'âge des plantations (Tableau 27 et Figure 29). Les nombres d'espèces, de genres et de familles enregistrés au niveau des parcelles reboisées diminuent progressivement avec l'âge des plantations. Ils sont respectivement moindres de 58 %, 52 % et 30 % pour les jeunes plantations A<sub>1</sub>, 65 %, 60 % et 51 % pour les plantations d'âges moyens A<sub>2</sub> et enfin 73 %, 67 % et 51 % pour les plantations les plus âgées A<sub>3</sub>.

La diversité floristique diminue aussi avec l'âge des plantations du *P. halepensis*. La valeur de l'indice de Shannon-Weaver enregistrée par les jeunes plantations A<sub>1</sub> diminue à 3.66 puis décroît encore et se stabilise entre 2.09 et 2.07 pour les plantations A<sub>2</sub> et A<sub>3</sub>. De même, Les jeunes plantations A<sub>1</sub> enregistrent une valeur d'indice d'équitabilité relativement plus équitable que celles enregistrées par les plantations plus âgées A<sub>2</sub> et A<sub>3</sub> avec respectivement 0.65, 0.39 et 0.41 (Tableau 27).

Les arbres modifient le flux des ressources et les conditions du microclimat sous et autour de leurs canopées par des processus tels que l'interception des précipitations, l'ombrage, l'accumulation de litière et la dynamique des racines (**Belsky et al., 1989 ; Rhoades, 1996**). Dans les écosystèmes semi arides, la canopée des arbres pourrait avoir un effet positif en créant un microclimat qui permet de diminuer la température du sol et la vitesse d'évaporation de son eau, elle pourrait favoriser ainsi la disponibilité de l'eau pour les plantes (**Breshears et al., 1998**).

Dans le cas de notre étude, il semble que l'impact négatif de la canopée formée par les arbres adultes du *P. halepensis* sur la richesse et la diversité floristique serait dû au caractère expansionniste de cette espèce. L'accentuation de cet impact sur la richesse et la diversité floristique avec l'âge des plantations pourrait être le résultat de l'augmentation de la compétition interspécifique exercée par la croissance des arbres du *P. halepensis* sur la végétation autochtone. Le *P. halepensis* est une espèce caractérisée par sa résistance au stress hydrique, son adaptation à différents types de sol et sa croissance rapide lui permettant de dominer rapidement les espèces indigènes (**Belarouci, 1991**).

En plus de la compétition pour l'eau et les nutriments, celle de la lumière pourrait être considérée parmi les causes principales de la disparition des espèces indigènes intolérantes à l'ombre. En effet, les valeurs de richesse et de diversité floristiques les plus faibles ont été obtenues par les taux de couverture les plus élevées du *P. halepensis* (**Salvatore et al., 2012**).

Le *P. halepensis* possède aussi la capacité d'agir sur son environnement par des processus allélopathiques. Le concept d'allélopathie est défini comme étant «toute action

nuisible ou bénéfique, directe ou indirecte d'une plante (incluant les micro-organismes) sur une autre plante, à travers la production de composés chimiques qui sont libérés dans l'environnement » (Rice, 1995). Il est connu aussi par sa capacité de synthétiser une large gamme de métabolites secondaires (ou allélochimiques : terpènes et phénols) qu'il libère sous forme de lixiviat de feuilles ou d'exsudats de racines (Bonin., et al 2007 ; Fernandez et al., 2006).

Ces substances pourraient entraver le développement normal du système racinaire qui permet aux plantes de résister à la sécheresse estivale prolongée des climats méditerranéens (Hashoum, 2017). En effet, les travaux de Fernandez et al., (2006) ont montré que les extraits aqueux d'aiguilles et de racines de *P. halepensis* avaient un effet inhibiteur sur la germination des graines et la croissance des plantules de deux espèces *Lactuca sativa L.* et *Linum strictum L.* Par ailleurs, la productivité du sol et les taux de nitrification et de minéralisation ont été fortement influencés par les composés phénoliques, libérés par les tissus végétaux vivants, sénescents et en décomposition (Kuiters, 1990). Les substances phénoliques du sol affectent directement les bactéries, le développement des mycéliums et la germination des spores des champignons saprotrophes et mycorhiziens, ainsi que la germination et la croissance des plantes supérieures (Hartley et Whitehead, 1985).

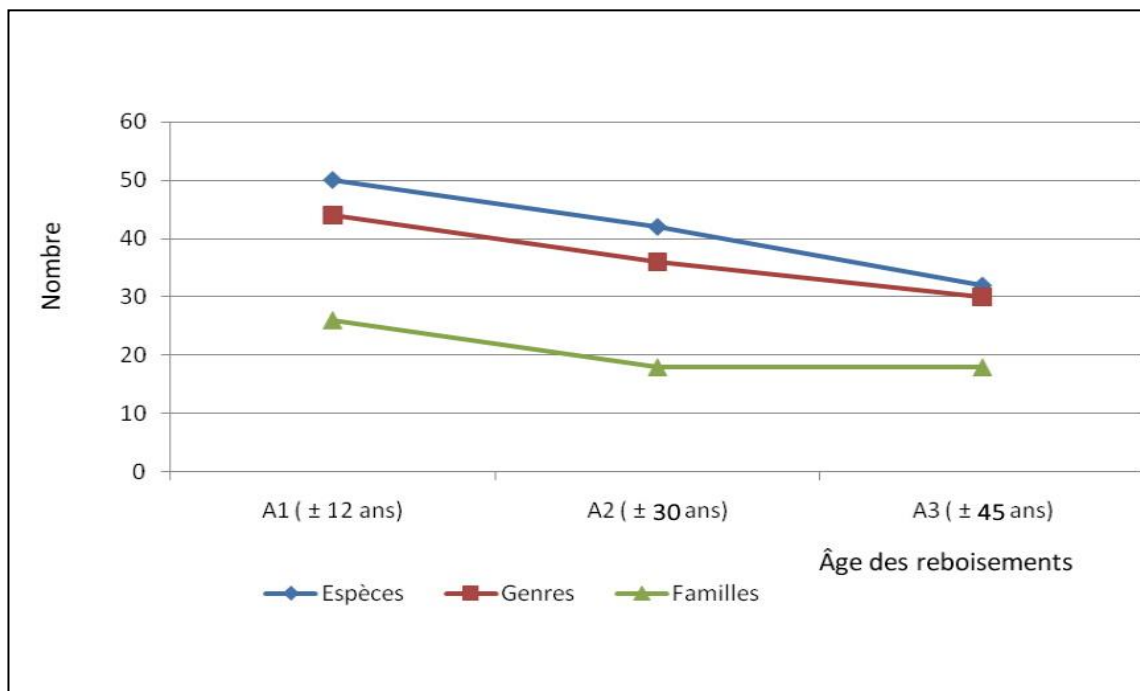


Figure 29 : Evolution de la richesse floristique en fonction de l'âge des reboisements

### III.3 Spectre biologique

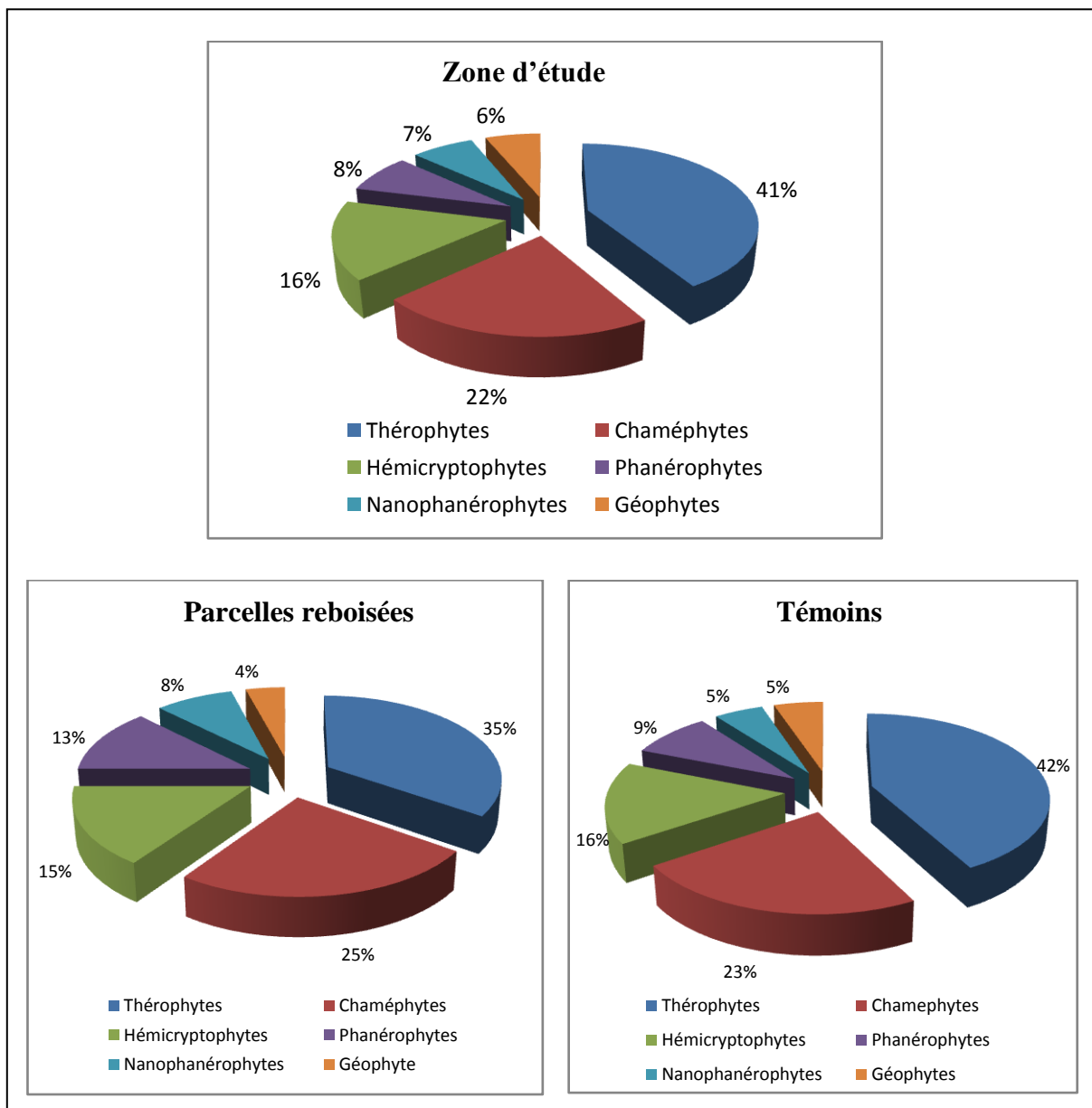
Le spectre biologique des espèces inventoriées selon **Raunkiaer (1934)** montre une nette dominance des thérophytes avec 41 %, suivis des chaméphytes et des hémicryptophytes avec respectivement 22 % et 16 %. Quant aux autres types biologiques, leurs pourcentages sont compris seulement entre 6% et 9%. Les spectres biologiques des parcelles reboisées et des parcelles témoins sont identiques à celui de la zone d'étude.

La dominance des thérophytes est plus accentuée pour les parcelles témoins avec 42 % que pour les parcelles reboisées avec seulement 35 % (Figures 30). Le classement par ordre décroissant des types biologiques (Thérophytes (Th), Chaméphytes (Ch), Hémicryptophytes (He), Phanérophytes (Ph), Nanophanérophytes (Nph) et Géophytes (Ge)) peut être représenté schématiquement comme suit :

$$\mathbf{Th > Ch > He > Ph > Nph > G}$$

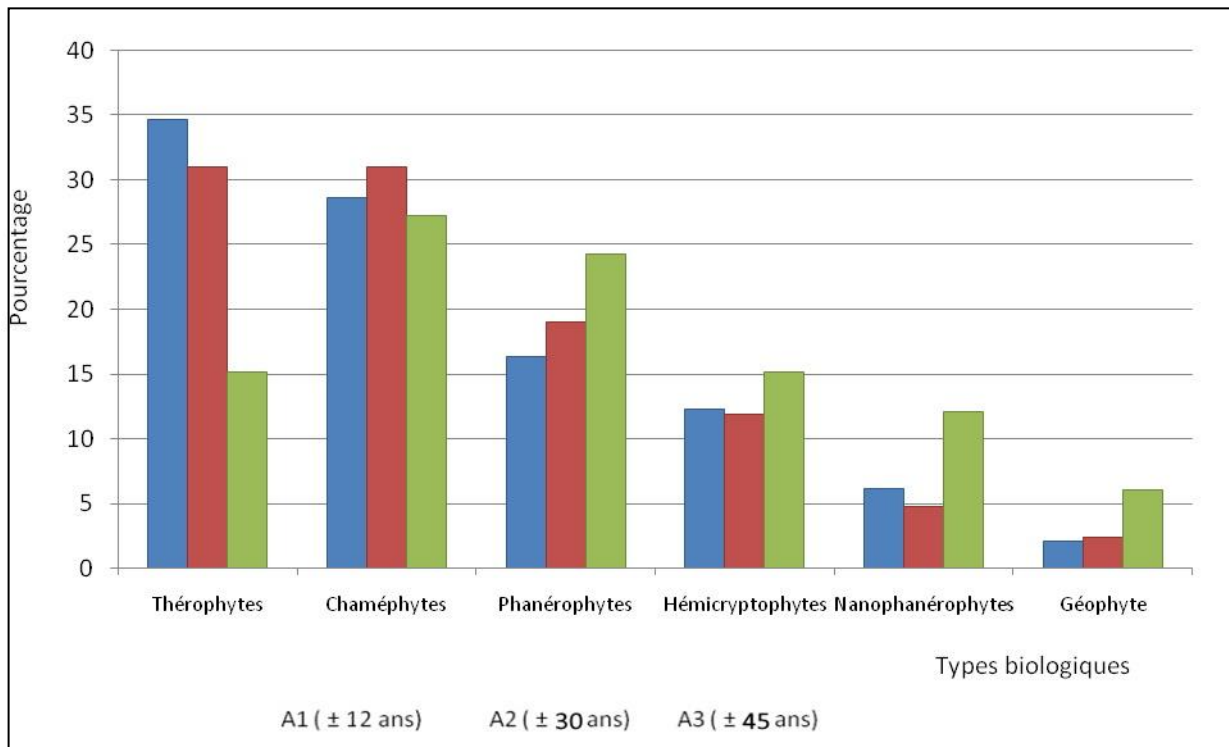
Le phénomène de thérophytisation est lié à la prolifération des espèces rudérales de stratégie "R" caractérisées par un cycle biologique court, coïncidant avec les périodes favorables à leur développement (**Barbero et al., 1990; Grime, 1977**). Il s'agit d'un processus d'adaptation aux contraintes climatiques telles que le froid hivernal ou la sécheresse estivale. La thérophytisation pourrait être attribuée aussi aux perturbations du milieu dues aux pressions anthropozoïques, elle peut donc renseigner sur l'état de dégradation de l'écosystème (**Daget, 1980**). Elle est considérée par **Quézel (2000)** comme un stade ultime de dégradation de la végétation.

L'analyse du spectre biologique a montré aussi que les thérophytes régressent nettement avec l'âge des plantations du *P. halepensis*. Ils passent de 35 % pour les parcelles reboisées A1 à 31 % pour A2 et chutent à 15 % pour les plantations les plus âgées A3. Au contraire, les phanérophytes, les hémicryptophytes, les nanophanérophytes et les géophytes augmentent avec l'âge des reboisements (Figure 31).



**Figure 30 : Spectre biologique des parcelles reboisées et des témoins**

La régression des thérophytes avec l'âge pourrait être expliquée par la forte action compétitive du *P. halepensis* sur les espèces annuelles de la strate herbacée. La canopée formée par les arbres adultes pourrait impacter considérablement les espèces rudérales moins compétitives et sensibles à l'ombre. Ces espèces ayant généralement des affinités avec des habitats ouverts, seront presque complètement éliminées (Buscardo et al., 2008 ; Salvatore et al., 2012). L'appauvrissement de la strate herbacée est d'autant plus accentué par les fortes densités de plantation de pin. Il en résulte un abandon des parcours par le bétail.



**Figure 31 : Evolution du Spectre biologique des parcelles reboisées selon l'âge de plantation**

### III.4 Perturbation du milieu

L'indice de perturbation IP est calculé par le pourcentage que représentent les types biologiques chaméphytes et thérophytes par rapport au nombre total des espèces (Loisel et Gomila, 1993):

$$IP = \frac{\text{Chaméphytes} + \text{Thérophytes}}{\text{Nombre total des espèces}}$$

La valeur enregistrée par l'IP de l'ensemble de l'aire d'étude est de 64.16 %. Elle reflète un état de déséquilibre et de perturbation du milieu, exprimée par une forte thérophytisation. Des valeurs aussi élevées ont été obtenues par El Hamrouni (1992) 70 % et Benkhattou et al., (2015) 63,3 %.

La perturbation du milieu est fort probablement due à la pression anthropozoïque exercée sur la forêt Beni Sohane. Celle-ci est exploitée par les ayants droit des douars avoisinants toute l'année, ainsi que par les semi nomades d'Ait L'farh, originaires des hautes montagnes de Bou Iblane, lors de leurs déplacements saisonniers.

Les parcelles reboisées enregistrent un indice de perturbation relativement faible avec 59.7 %, en comparaison avec celui enregistré par les parcelles témoins qui est de 65.5 %. Par

ailleurs, la perturbation la plus faible (42.4 %) est enregistrée par les plantations les plus âgées (A3). Ceci pourrait être expliqué par la disparition d'espèces intolérantes à l'ombre et aux effets allélopathiques des arbres du *P. halepensis*. En effet, ces parcelles sont quasi abandonnées par le bétail, la couverture herbacée est très pauvre comme en témoignent les valeurs enregistrées de la richesse spécifique et de l'indice de Shannon-Weaver (Tableau 23).

#### IV Conclusion

L'analyse floristique a révélé un impact négatif de la reforestation par une espèce exotique *P. halepensis* sur la richesse et la diversité floristique. Seulement 72 espèces ont été inventoriées dans les parcelles reboisées avec un indice de Shannon-Weaver de 2.79, contre respectivement 117 espèces et 4.24 pour les parcelles témoins. Cet impact est accentué avec l'âge des reboisements.

La reforestation par le *P. halepensis* a causé aussi une régression des thérophytes surtout pour les reboisements les plus âgés A3 ( $\pm 45$  ans), suite à la disparition des espèces rudérales les moins compétitives. Il en résulte une perte importante des possibilités de parcours, jadis exploités par le bétail des populations locales et des transhumants.

Compte tenu de ce qui précède, il serait nécessaire de procéder par des opérations d'éclaircie dans le but d'atténuer l'impact négatif de cette espèce résineuse expansionniste qui surplombe et domine toute la végétation native. Même, rechercher un éventuel équilibre qui permettrait un développement normal du *P. halepensis* et de la végétation autochtone, notamment les peuplements d'espèces arborescentes telles que *Quercus ilex*, *Juniperus phoenicea*, *Juniperus oxycedrus*, *Tetraclinis articulata*, *Pistacia lentiscus* et *arbutus unedo*.

Il semble que le choix de reboiser des forêts natives par des espèces exotiques devrait être remis en cause. Il serait donc plus approprié de privilégier plutôt des espèces forestières autochtones plus adaptées au milieu telles que le chêne vert (*Quercus ilex*), l'oléastre (*Olea europaea subsp. oleaster*) et le genévrier oxycèdre (*Juniperus oxycedrus*).

Notre étude floristique mérite d'être complétée par une exploration des mécanismes de compétition (allélopathie et compétition pour la lumière, l'eau et les nutriments) exercés par le *P. halepensis* dans les conditions environnementales de la forêt Beni Sohane.



## **CHAPITRE 3 :**

**Impact de la reforestation par**

**le *Pinus halepensis* Mill.**

**sur la fertilité du sol**

## I Introduction

La lutte contre l'érosion des sols représente un des défis majeurs pour préserver les écosystèmes forestiers et agroécosystèmes de la région méditerranéenne. En effet, durant le vingtième siècle, des efforts considérables ont été déployés pour reboiser d'importantes zones dans le but de protéger principalement les sols contre l'érosion et améliorer leur fertilité. La conversion des terres dégradées ou marginales en forêts permet de réduire leur perturbation et assurer la pérennité de la couverture végétale, fournissant ainsi de multiples services écosystémiques (Sauer et al., 2012 ; Schoenholtz et al., 2000).

La forêt Beni Sohane a connu d'importantes dégradations depuis la fin du siècle dernier, suite à une forte pression anthropozoïque. Ce qui a conduit les services des Eaux et Forêts, depuis les années 70, à reboiser les zones dégradées par une espèce exotique *Pinushalepensis* Mill. Il s'agit de l'espèce la plus utilisée dans la région méditerranéenne, vu son aptitude à s'adapter à différents climats et sols, son rendement et son importance économique (Alaoui et al., 2011 ; Fernández-Ondoño et al., 2010). Elle offre par ailleurs, des exigences écologiques très modestes pour des productivités faibles mais acceptables, ce qui a entraîné son utilisation à très grande échelle par les forestiers comme essence de reboisement (Quezel et Barbero, 1992). D'autres essences de conifère sont utilisées, notamment en Nouvelle Zélande, des boisements de *P. radiata* ont été entrepris à grande échelle au niveau des collines et des hautes terres pastorales afin de restaurer les terres dégradées, mieux les rentabiliser, et lutter contre l'érosion des sols (Davis, 1998).

L'impact de l'afforestation ou de la reforestation par des résineux firent et font encore l'objet de controverses. Il est communément admis que les conifères dégradent la fertilité des sols de diverses manières, bien qu'il y a peu de preuves scientifiques cohérentes à cet égard (Binkley, 1995). En effet, plusieurs travaux ont montré que la plantation des conifères cause une acidification du sol (Belton et al., 1996 ; Brand et al., 1986 ; Davis, 1995 ; Davis, 1998 ; Davis et Lang, 1991). Tandis que Chirino et al., (2010) ont montré que le pH du sol n'a pas été affecté par la plantation de *P. radiata*. En fait, l'effet de la plantation des conifères dépend du type du sol et de l'âge des plantations (Davis, 1998) , à long terme, elle entraîne souvent une perte des nutriments et une acidification du sol (Berg et McClaugherty, 2003).

Par ailleurs, une diminution importante des teneurs en éléments nutritifs du sol a été enregistrée au niveau des reboisements de pins (*P. strobus* L., *P. resinosa* et *P. echinata*), âgés d'environ 70 ans et qui ont été réalisés sur des terres dégradées du midwest américain (Duffy, 2014). Les plantations de pin dans le sud Est de l'Espagne ont amélioré la fertilité du

sol des zones non boisées, mais sans atteindre le niveau de fertilité des forêts natives adjacentes de *Quercus ilex* (Fernández-Ondoño et al., 2010). Alors que, d'autres études en Nouvelle Zélande ont montré que l'afforestation des prairies par des pins avaient généralement un impact positif sur la disponibilité des éléments nutritifs dans le sol (Belton et al., 1996 ; Chirino-Valle et al., 2010 ; Davis et Lang, 1991 ; Fisher et Stone, 1969). De même, des plantations de pin dans la savane boisée brésilienne Cerrado ont entraîné une accumulation de la matière organique du sol et des stocks de litière en carbone plus importants par rapport à la forêt indigène (Montero et Delitti, 2017).

Le reboisement de la forêt Beni Sohane par le *P. halepensis* a débuté depuis plus d'une quarantaine d'années, il avait un impact négatif sur la biodiversité (Benarchid et al., 2018b). Ce qui nous a incités à tenter d'explorer aussi son impact sur le pH et la fertilité du sol dans les conditions pédoclimatiques des écosystèmes forestiers montagneux de notre région. Pour répondre à cet objectif, nous avons procédé par des analyses physico-chimiques d'échantillons de sol prélevés dans les parcelles reboisées et des échantillons témoins dans la forêt native.

## II Matériel et méthodes

Notre recherche a été effectuée dans la forêt Beni Sohane. Il s'agit d'une zone montagneuse limitée par les coordonnées Lambert (X = 584 Km – X= 620 Km ; Y= 334 Km – Y= 370 Km), qui s'étend sur une superficie de 12123 ha et dont l'altitude varie entre 800 m 2331 m.

Le relief est caractérisé par une diversité de formes topographiques, des plateaux largement ondulés, des vallonnements, des montagnes à pentes plus ou moins escarpées, des talwegs et vallées où coulent des cours d'eau temporaires ou permanents.

La forêt présente une diversité de types de sol, dont les principaux sont les peu évolués, les minéraux bruts, les calcimagnésiques, les isohumiques et les fersiallitiques (DREFLCD, 1997 ; S.E.I, 2014). Les sols sont généralement d'une texture argileuse à limono-argileuse avec un pH moyen basique de 8.56.

La géologie de notre aire d'étude est caractérisée par de larges bassins subsidents à géométrie synclinale, dominés par des formations du jurassique moyen (aalénien, bajocien, bathonien) et qui sont parfois recouvertes par du miocène supérieur (Sabaoui, 1998).

La végétation native de L'aire d'étude est constituée essentiellement par une mosaïque de peuplements arborés : *Quercus rotundifolia*, *Juniperus phoenicea*, *Juniperus oxycedrus*, *Tetraclinis articulata*, *Pistacia lentiscus*, *Phyllyrea augustifolia* et *Arbutus unedo*.

Les reboisements de pin d'Alep se situent essentiellement dans la zone occidentale de la forêt Beni Sohane. Ils ont été effectués sur des pentes douces. Les premiers reboisements ont débuté depuis les années 70 du siècle dernier.

## II.1 Echantillonnage du sol

Les échantillons du sol ont été prélevés au niveau des parcelles reboisées, tout en veillant à couvrir au maximum la variabilité de l'aire d'étude (âge de plantation, types de sol, substrat, altitude, topographie, exposition). Ils ont été prélevés au niveau de 2 profondeurs :

- 0 à 10 cm : Elle englobe les horizons humifères qui sont riches en matière organique et contiennent la litière.
- 10 à 30 cm : Elle englobe les horizons minéraux d'accumulation.

Il s'agit de profondeurs moyennes qui représentent deux horizons bien différenciés (couleur, structure, texture et enracinement), observés au niveau des profils pédologiques. Chaque échantillon est composé de douze prélèvements en des endroits différents et à des intervalles aléatoires. Les prélèvements ont été effectués à l'aide d'une tarière sous les arbres du *P. halepensis*.

Afin de garantir des conditions similaires pour pouvoir évaluer l'effet des plantations de pin, nous avons prélevé des échantillons témoins dans la forêt native juste en des endroits juxtaposés à ces lieux de prélèvements, tout en veillant à garder les mêmes conditions environnementales (exposition, topographie, altitude, substrat, type de sol). Sachant que les pins ont été plantés au niveau de clairières et de bois clairsemés d'essences forestières autochtones.

Au total, 24 échantillons de sol ont été prélevés avec 6 répétitions pour chaque modalité :

- Parcelles reboisées : 6 échantillons (0 à 10 cm)  
6 échantillons (10 à 30 cm).
- Parcelles témoins : 6 échantillons (0 à 10 cm)  
6 échantillons (10 à 30 cm).

Les échantillons du sol prélevés ont été mis dans des sachets en plastique portant des étiquettes contenant tous les renseignements relatifs à la date, le lieu, la profondeur des prélèvements.

Suite à la non disponibilité d'un laboratoire du sol dans notre université, nous étions contraint d'effectuer les analyses physico-chimiques de nos échantillons dans un laboratoire privé. Notre choix a porté sur le laboratoire LaboMag, vu sa crédibilité, son accréditation (NM ISO CEI 17025 version 2005) et sa certification (ISO 9001 version 2015).

## II.2 Analyse du sol

### II. 2. 1 Préparation des échantillons du sol

Les échantillons du sol ont été séchés dans une étuve à une température de 40 °C pendant une nuit. Après séchage, ils ont été broyés puis passés à travers un tamis de 2 mm pour séparer les éléments grossiers ( $\Phi > 2$  mm) de la terre fine ( $\Phi < 2$  mm). Seule la terre fine a fait l'objet d'analyse.

### II. 2. 2 Granulométrie à 5 fractions

L'analyse granulométrique consiste à quantifier le pourcentage des fractions de particules du sol en fonction de leurs classes de diamètres suivantes :

- Sables grossiers (SG) :  $2 \text{ mm} > \Phi > 200 \mu$
- Sables fins (SF) :  $200 \mu > \Phi > 50 \mu$
- Limons grossiers (LG) :  $50 \mu > \Phi > 20 \mu$
- Limons fins (LF) :  $20 \mu > \Phi > 2 \mu$
- Fraction argileuse (FA) :  $\Phi < 2 \mu$

L'analyse granulométrique a été effectuée après la décomposition des agrégats par la dispersion des colloïdes floculés. Cette opération est assurée par un trempage de l'échantillon du sol pendant une heure dans une solution d'hexamétraphosphate de sodium, ce qui permet de libérer les éléments texturaux en éliminant les ions qui maintiennent ces colloïdes. La séparation des différentes classes de particules est effectuée par tamisage pour les fractions supérieures à 50  $\mu\text{m}$  et par sédimentation ou par gravité pour les fractions inférieures à 50  $\mu\text{m}$ . Cette dernière est basée sur la vitesse de sédimentation des particules dont la vitesse de chute est régie par la loi de Stokes (**Aubert, 1978**).

### II. 2. 3 Calcaire total et calcaire actif

Le calcaire participe dans les processus de la stabilité structurale du sol, il libère le calcium qui provoque la floculation des colloïdes minéraux et organiques du sol, et permet au sol de créer des réserves en éléments nutritifs (**Éliard et al., 1979**). Dans le sol, le calcaire peut se trouver sous forme active ou inactive :

- Le calcaire inactif se trouve à l'état grossier (blocs, graviers ou sables), il est peu soluble dans l'eau chargée de CO<sub>2</sub>.
- Le calcaire actif se présente sous formes pulvérulentes. Ces formes très fines libèrent du calcium soluble sous l'action de l'eau et du CO<sub>2</sub>.

Le carbone total englobe les deux formes de calcaire (actif et inactif). Son dosage a été effectué par la méthode Normalisée (NF ISO 10693). Cette méthode consiste à mesurer le volume de CO<sub>2</sub> dégagé à l'aide d'un appareil Scheibler, suite à l'effet de l'acide chlorhydrique (HCl) sur le carbonate de calcium (CaCO<sub>3</sub>) de la terre fine du sol.

Le dosage du calcaire actif a été effectué selon la méthode normalisée NF X 31-106. Cette méthode consiste à doser le calcaire actif après l'ajout de l'oxalate d'ammonium avec de la terre fine. Il est obtenu par la détermination de la quantité d'oxalate d'ammonium n'ayant pas réagi par titrage au permanganate de potassium.

### II. 2. 4 pH

Le pH eau ou le potentiel hydrogène a été mesuré selon la norme ISO 10390. Il permet de mesurer l'acidité, la neutralité ou la basicité de la solution du sol à l'aide d'un pH mètre. Il constitue un élément déterminant dans les processus d'absorption des éléments nutritifs par les végétaux. Une meilleure absorption des éléments nutritifs et une activité intense de la microflore du sol nécessitent un pH relativement neutre. Le principe de cette méthode consiste à préparer une suspension de sol dans cinq fois son volume d'eau déminéralisée ou d'une solution de chlorure de potassium de concentration 1 mol/l. La mesure du pH est obtenue d'après la différence de potentiel avec une électrode combinée plongeant dans la solution.

### II. 2. 5 Conductivité électrique

La Conductivité électrique consiste à mesurer la capacité du sol à conduire le courant électrique en fonction de la concentration en substances dissoutes de la solution du sol. Elle permet de mesurer la salinité du sol étant donné que les sels minéraux sont en général de bons conducteurs (**Williams et Baker, 1982**). Elle a été mesurée selon la méthode normalisée NF ISO 11 265 qui consiste à extraire l'échantillon du sol avec de l'eau à 20° C ±1° C, dans un

rapport d'extraction de 1/5 (m/v). La conductivité électrique spécifique de l'extrait filtré est mesurée en mS/cm. et le résultat est corrigé à une température de 25° C.

## II. 2. 6 Matière organique

La matière organique représente un élément essentiel dans la pédogenèse et le développement des plantes, elle entre dans la formation des complexes argilo-humiques, permettant une bonne stabilité structurale du sol et un substrat pour la vie de la faune et de la microflore. Elle représente aussi un réservoir d'éléments nutritifs et augmente la capacité de rétention d'eau et d'échange cationique.

La teneur en matière organique a été mesurée par la méthode d'oxydation sulfochromique (méthode normalisée : NF ISO 14235). Le principe de cette méthode consiste à oxyder le carbone de la matière organique dans un mélange de bichromate de potassium ( $K_2Cr_2O_7$ ) et d'acide sulfurique  $H_2SO_4$  à une température de 135° C. La couleur de la solution passe de l'orange au vert-bleu suite à la réduction des ions bichromates en ions  $Cr^{3+}$ . La teneur en carbone organique est déduite de la mesure de l'intensité du vert-bleu des ions  $Cr^{3+}$  par spectrophotométrie.

La teneur en matière organique est obtenue en multipliant le taux de carbone organique par un coefficient de conversion estimé à 1.724 (Pribyl, 2010).

## II. 2. 7 Eléments nutritifs majeurs

### II.2.7.1 Azote

L'azote est un élément essentiel de la vie des végétaux, il représente une composante majeure de toutes les protéines. Il se trouve dans le sol sous forme organique constitué de divers composés azotés de la matière organique, ou sous forme minérale assimilable par la plante, à savoir, l'azote ammoniacal  $NH_4^+$  et l'azote nitrique  $NO_3^-$ .

L'azote minéral a été mesuré par la méthode de Flux continu dans l'extrait 1/5 (NF ISO 14256-2). Le principe de cette méthode consiste à extraire l'azote minéral dans une solution de chlorure de potassium. Le dosage s'effectue par colorimétrie sur chaîne à flux continu, successivement pour l'azote ammoniacal  $N-NH_4^+$  et l'azote nitrique  $N-NO_3^-$ . Les résultats sont exprimés en mg/kg.

### II.2.7.2 Phosphore assimilable

Le phosphore est un élément majeur indispensable au développement et à la croissance des plantes. Il joue particulièrement un rôle essentiel dans les processus de développement racinaire, de reproduction et de photosynthèse. Les teneurs en phosphore des sols dépassent souvent les besoins des plantes, mais seule une infime fraction est directement disponible à la plante, la majeure partie est immobilisée ou bloquée dans le sol (**Duchaufour, 1997**). Le phosphore est assimilé par les plantes surtout sous sa forme monovalente ion phosphate  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ .

La méthode Olsen (Normalisée NFISO 11263) a été utilisée pour doser le phosphore assimilable du sol. Il s'agit d'une méthode valable dans la très grande majorité des situations pédologiques. Son principe consiste à ajouter de la terre fine à une solution d'hydrogencarbonate de sodium de concentration 0,5 mol/l à pH 8.5. La teneur en phosphore de l'extrait limpide est mesurée par une méthode spectrométrique, comportant la formation d'un complexe bleu à chaud. Les résultats sont exprimés en mg/kg d'anhydride phosphorique ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ).

### II.2.7.3 Potassium et magnésium échangeables

Le potassium et le magnésium sont des éléments majeurs aussi essentiels que le phosphore pour le développement des végétaux. Le potassium, même s'il n'entre pas dans les fonctions structurales du végétal, il est indispensable à diverses fonctions au sein des activités métaboliques de la plante. Le magnésium est un élément primordial dans la photosynthèse, il entre dans la composition de la chlorophylle et agit entre autres au niveau de la synthèse de sucres et dans l'activation de nombreuses enzymes.

Dans le sol, le potassium et le magnésium se trouvent en grande partie insolubles, indisponibles pour les plantes. Ils sont souvent liés aux minéraux silicatés ou emprisonnés dans les feuillets de certaines argiles. Leurs formes assimilables  $\text{K}^+$  et  $\text{Mg}^{2+}$  se trouvent en général adsorbées par le complexe argilo-humique ou dissoutes dans la solution du sol.

Les teneurs en potassium et en magnésium échangeables ont été mesurées par la méthode NF X 31 – 108. Les cations  $\text{K}^+$  et  $\text{Mg}^{2+}$  sont extraits par agitation dans une solution d'acétate d'ammonium (1 mol/l) à pH 7 avec un rapport d'extraction de 1/20 (m/v). Après leur extraction ils sont dosés par spectrométrie plasma (ICP) et exprimés en mg  $\text{K}_2\text{O}$ /kg et en mg  $\text{MgO}$ /kg.



## II. 2. 8 Les oligo-éléments (Cuivre, Manganèse, Fer et Zinc et Bore)

Les oligo-éléments sont absorbés par les végétaux en très petites quantités en comparaison avec les macroéléments ou éléments majeurs. Toutefois, leurs rôles sont essentiels pour le développement et la croissance des plantes, Ils entrent généralement dans l'activation ou la composition de nombreux complexes enzymatiques, concernant la synthèse des protéines, particulièrement la chlorophylle et la photosynthèse. Chaque oligo-élément intervient en particulier à des niveaux spécifiques dans le développement des végétaux.

Dans le sol, les oligo-éléments sont indisponibles aux plantes lorsqu'ils sont emprisonnés dans le réseau cristallin des argiles. Par contre, ils sont assimilables lorsqu'ils sont absorbés ou fixés par le complexe argilo-humique.

La méthode normalisée NF X 31-121 a été utilisée pour doser le cuivre, le manganèse, le fer et le zinc. Après leur extraction sous agitation à 20°C dans une solution mixte à pH 7.3, en présence de l'acétate d'ammonium et d'EDTA (sel de l'acide éthylène diaminotétracétique). Ils sont mesurés par spectrométrie plasma (ICP) et exprimés en mg/kg de terre fine.

Concernant le bore assimilable, Il a été mesuré par la méthode normalisée NFX31-122. Celle-ci consiste à le doser par spectrométrie plasma (ICP) après extraction à l'eau chaude dans une solution de chlorure de calcium (0.01 mol/l). Après refroidissement à la température ambiante, le bore soluble est dosé par spectrophotométrie à 420 nm. Les résultats sont exprimés en mg/kg de terre fine.

## II.3 Analyse des données

Le traitement statistique des données consiste à comparer l'impact des reboisements du *P. halepensis* au niveau des profondeurs du sol 0 à 10 cm et 10 à 30 cm. Ainsi, le test de Student a été utilisé pour les variables qui remplissent les conditions de normalité et d'homoscédasticité. Le test de Student (t) consiste à vérifier l'hypothèse nulle  $H_0$ , qui signifie qu'il n'y a pas de différence entre les moyennes des deux strates.

En ce qui concerne les variables qui n'ont pas été distribuées normalement ou ont des variances hétérogènes, elles ont été transformées afin de satisfaire les conditions d'application du test de Student (t). Nous avons procédé à leur transformation en utilisant la fonction du logarithme népérien ( $\ln x$ ), leur racine carré ( $\sqrt{x}$ ) ou leur inverse ( $\frac{1}{x}$ ) afin d'essayer d'en satisfaire ces conditions (Tabachnick et Fidell., 1989).

Seules les variables nitrates au niveau des deux profondeurs 0 - 10 cm et 10 - 30 cm et la variable phosphore au niveau de la Profondeur 0 - 10 cm n'ont pas satisfait les conditions de normalité et d'homoscédasticité même après transformations. Elles ont été analysées par le test non paramétrique de Mann Withney U.

Les traitements statistiques ont été réalisés par le logiciel IBM SPSS Statistics 22.

### III Résultats et discussion

#### III.1 Impact de la reforestation par le *P. halepensis* sur le pH

Les analyses du sol ont montré que le pH est globalement alcalin pour tous les échantillons, il varie entre 8.1 et 8.9. Le pH moyen est quasi identique pour les échantillons des reboisements de pin et ceux des témoins avec respectivement 8.71 et 8.59 (Tableau 28). La reforestation par le *P. halepensis* n'a pas eu également d'effet notable sur le pH au niveau des profondeurs 0 - 10 cm et 10 - 30 cm. Le test Student (t) a confirmé ces résultats, il a montré qu'il n'existe pas de différence significative entre les échantillons des parcelles reboisées et ceux des témoins et ce pour les deux profondeurs 0 - 10 cm et 10 - 30 cm (Tableau 29).

**Tableau 28 : Impact du reboisement de *P. halepensis* sur le pH du sol**

Parcelles	Parcelles reboisées			Témoins (Forêt native)		
	0 – 10 cm	10 – 30 cm	Moyenne pondérée	0 -10 cm	10 – 30 cm	Moyenne pondérée
pH	8,65	8,75	8,71	8,47	8,65	8,59

**Tableau 29 : Test de Student (t) du pH du sol au seuil de signification 5%**

Profondeur du sol	0 - 30 cm			0 -10 cm			10 – 30 cm		
	ddl	T	Sign 5 %	ddl	T	Sign 5%	ddl	T	Sign 5 %
pH	22	1,961	0,063	10	1,611	0,138	10	1,328	0,214

La plantation du *P. halepensis* dans la forêt Beni Sohane depuis environ une quarantaine d'années n'a pas contribué à l'acidification du sol. De même, des plantations de *P. radiata* âgées de 5 ans, sur des terrains de parcours en Nouvelle Zélande n'ont pas affecté le pH du sol (Chirino-Valle et al., 2010).

En revanche, plusieurs travaux en Nouvelle Zélande ont montré qu'une acidification du sol a été obtenue suite à la plantation de différentes espèces de pin. Le pH moyen a

diminué de 0,3 unité après une année du semis de *P. radiata* dans des serres par rapport à celui de *Dactylis glomerata* (Davis, 1995). Il a diminué aussi de 0.2 à 0.5 unités au niveau des plantations âgées de 17 à 30 ans du *P. radiata* (Giddens et al., 1997), de 0.1 à 1 unité dans les peuplements matures de conifères (Belton et al., 1996). Une diminution encore plus importante de 1.28 unités a été obtenue au niveau des plantations de conifères âgées de 46 ans dans le centre de l'Ontario Canadien (Brand et al., 1986). Même, une corrélation positive a été enregistrée entre l'âge des peuplements de *Pinus* spp et le degré de diminution du pH de sol (Davis et Lang, 1991). Par ailleurs, il convient de noter que pour tous ces travaux, l'effet acidifiant des plantations des conifères a été obtenu sur des terrains à pH relativement acide.

L'effet acidifiant des conifères pourrait être dû essentiellement aux acides organiques forts libérés par leur litière et par les ectomycorhizes (Van Hees et al., 2005). Par ailleurs, la baisse du pH peut être associée aussi à la perte de cations échangeables, en particulier le calcium, et à une respiration accrue du sol (Parfitt et al., 1997).

En fait, la mesure dans laquelle les conifères modifient les conditions du sol dépend du pouvoir tampon initial du sol (Duffy, 2014). La diminution du pH est plus prononcée lorsque les conifères sont plantés sur des sols de faible pouvoir tampon et pauvres en matière organique (Davis, 1998).

Au niveau de notre aire étude, l'absence d'effet acidifiant du sol suite à la reforestation par le *P. halepensis* pourrait être expliquée d'une part, par le pouvoir tampon des sols qui sont basiques et relativement riches en matière organique avec des moyennes respectives de 8.63 et 3.87 %. D'autre part, par les teneurs moyennes élevées en calcium et en magnésium qui ont été obtenues avec respectivement 11607 mg/Kg de CAO et 202 mg/Kg de MgO.

### III.2 Impact de la reforestation par le *P. halepensis* sur la teneur du sol en matière organique

Les analyses du sol ont montré que la plantation du *P. halepensis* a causé une diminution de la teneur en matière organique des parcelles reboisées de -33 % par rapport à celle des parcelles de la forêt native. L'impact négatif de la reforestation est plus accentué au niveau de la couche superficielle du sol 0 - 10 cm, la teneur moyenne en matière organique du sol est amoindrie de -38 % en comparaison avec celle des parcelles de la forêt native contre seulement 26% pour la couche 10 - 30 cm (Tableau 30). Cependant, le test Student (t) a montré qu'il n'existe pas de différence significative entre les échantillons des parcelles

reboisées et les échantillons des parcelles témoins et ce pour les deux profondeurs 0-10 cm et 10-30 cm (Tableau 31).

**Tableau 30 : Impact du reboisement de *P. halepensis* sur la teneur du sol en matière organique**

Parcelles	Parcelles reboisées			Témoins (Forêt native)		
	0 – 10 cm	10 – 30 cm	Moyenne pondérée	0 – 10 cm	10 – 30 cm	Moyenne pondérée
Teneur en M.O	3,76	2,03	2,61	6,10	2,75	3,87
Comparaison en % (*)	- 38	- 26	-33%	-	-	-

(\*) La comparaison entre les teneurs en éléments nutritifs des parcelles reboisées et celles des témoins est exprimée en pourcentages calculés par la formule suivante :

$$\text{Comparaison en \%} = \frac{X_r - X_t}{X_t}$$

X<sub>r</sub> : Teneurs moyennes en éléments nutritifs des parcelles reboisées.

X<sub>t</sub> : Teneurs moyennes en éléments nutritifs des témoins de la forêt native.

Une diminution aussi importante des teneurs en matière organique de -21 % a été enregistrée suite aux reboisements de pins (*P. strobus*, *P. resinosa* et *P. echinata*) âgés d'environ 70 ans sur des terres dégradées du midwest américain (Duffy, 2014). Plusieurs travaux relatifs à l'impact des reboisements sur le carbone organique du sol pourraient confirmer nos résultats, vu la relation qui existe entre les teneurs en matière organique (MO) et celles en carbone organique du sol (COS) avec un rapport MO / COS estimé à 1.724 (Pribyl, 2010).

**Tableau 31 : Test de Student (t) de la teneur du sol en matière organique au seuil de signification 5%**

Profondeur du sol	0 – 30 cm			0 - 10 cm			10 – 30 cm		
	ddl	T	Sign 5%	Ddl	T	Sign 5%	ddl	T	Sign 5%
Matière organique	22	-1,61	0,12	10	-1,72	0,12	10	1,29	0,23

Selon une méta-analyse de 74 publications, Guo et Gifford (2002) ont montré que le boisement des pâturages par des espèces feuillues n'affecte pas les stocks en carbone du sol, en revanche ces stocks diminuent lors de la plantation des pins. Car, les essences feuillues ont une plus grande capacité d'accumulation du carbone organique du sol que les essences des conifères (Morris et al., 2007). Tandis que Montero et Delitti (2017) ont montré qu'après plus de 30 ans de la plantation de *P. elliottii* dans la savane boisée brésilienne Cerrado,

l'accumulation de la matière organique dans le sol et le stock de carbone de la litière ont été plus importants par rapport à la forêt indigène. Toutefois, Bien que les plantations de pin dans le sud-est de l'Espagne ont permis une amélioration de la fertilité du sol en comparaison avec les zones non boisées, mais elles n'atteignent pas la fertilité des forêts natives adjacentes de *Quercus ilex* (Fernández-Ondoño et al., 2010). La diminution du carbone organique du sol durant les 5 premières années des boisements pourrait être due probablement aux activités associées à l'installation des arbres. L'accumulation du carbone ne commence que lorsque les apports annuels du carbone provenant de la production primaire dépassent les pertes de carbone par décomposition (Paul et al., 2002). Ce qui suggère que les stocks en matière organique sont épuisés par les activités de la plantation de pin (Montero et Delitti, 2017).

La capacité des pins et d'autres conifères à accéder aux nutriments contenus dans la matière organique du sol est due à leur association avec les champignons ectomycorhiziens qui produisent des enzymes extracellulaires, permettant aux arbres d'accéder aux nutriments qui ne sont pas normalement disponibles pour les plantes non ectomycorhiziennes (Marschner et Dell, 1994). En effet, la minéralisation de la matière organique du sol après la plantation de *P. radiata* a été plus importante qu'après les plantations d'*Eucalyptus nitens* et de *Cupressus macrocarpa* en Nouvelle Zélande (Chirino-Valle et al., 2010).

### III.3 Impact de la reforestation par le *P. halepensis* sur les teneurs en éléments nutritifs

Les analyses du sol ont montré que la plantation de *P. halepensis* a un impact négatif sur la disponibilité des éléments nutritifs dans le sol (Tableaux 32 et 33). Les teneurs moyennes de tous les éléments nutritifs enregistrées par les échantillons prélevés dans les parcelles reboisées sont inférieures à celles enregistrées par les échantillons témoins de la forêt native. Elles sont moindres en moyenne de (-30 %) pour les éléments nutritifs majeurs (N, P, K et MgO) surtout pour l'azote nitrique (-69 %) et le phosphore Olsen (-46 %). Elles sont moindres aussi en moyenne de (-26 %) pour les oligo-éléments (Cu, Mn, Fe, Zn, B) surtout pour le zinc (-38 %) et le Bore (-36 %).

Toutefois, à l'exception du bore, la comparaison des moyennes par le test Student (t) a montré qu'il n'existe pas de différence significative au seuil 5% entre les échantillons des parcelles reboisées et celles des échantillons témoins (Tableau 34). Quant aux variables azote nitrique et phosphore Olsen qui n'ont pas satisfait les conditions de normalité et d'homoscédasticité même après des transformations, le test non paramétrique Mann Whitney U au seuil 5% a montré que leurs teneurs enregistrées au niveau des parcelles reboisées sont significativement inférieures à celles des témoins de la forêt native (Tableau 35).

L'impact négatif de la reforestation est plus accentué au niveau de la couche superficielle du sol 0 -10 cm. Les teneurs moyennes de tous les éléments nutritifs sont inférieures en moyenne de (-39 %) par rapport à celles de la forêt native, contre seulement (-18 %) pour la profondeur 10 -30 cm (Tableau 33). Pour la couche superficielle 0 -10 cm, celles-ci sont moindres de (-44 %) pour les éléments nutritifs majeurs (N, P, K et MgO) et (-38 %) pour les oligo-éléments (Cu, Mn, Fe, Zn et B). Alors que pour la profondeur 10 -30 cm, elles sont moindres de (-18 %) pour les éléments nutritifs majeurs et (-17 %) pour les oligo-éléments (Cu, Mn, Fe, Zn et B).

**Tableau 32 : Impact du reboisement de *P. halepensis* sur les teneurs éléments nutritifs**

Parcelles	Parcelles reboisées			Témoins (Forêt native)			Comparaison en % (*)
	profondeur du sol	0 – 10 cm	10 – 30 cm	Moyenne pondérée	0 – 10 cm	10 – 30 cm	
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/100g)	0,24	0,25	0,25	0,43	0,23	0,30	-17
N- NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/100g)	0,32	0,23	0,26	1,51	0,49	0,83	-69
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ( mg/kg)	6,67	5,00	5,56	12,00	9,50	10,33	-46
K <sub>2</sub> O (mg/kg)	233,33	158,83	183,66	303,33	160,50	208,11	-12
MgO (mg/kg)	235,00	171,00	192,33	267,50	169,33	202,05	-5
Cu (mg/kg)	0,79	0,80	0,80	1,14	0,99	1,04	-23
Mn( mg/kg)	17,77	16,53	16,94	17,77	19,31	18,80	-10
Fe (mg/kg)	12,39	9,10	10,20	20,27	9,67	13,20	-23
Z (mg/kg)	0,62	0,31	0,41	1,26	0,37	0,67	-38
B (mg/kg)	0,48	0,26	0,33	0,82	0,37	0,52	-36

(\*) La comparaison entre les teneurs en éléments nutritifs des parcelles reboisées et celles des témoins est exprimée en pourcentages calculés par la formule suivante :

$$\text{Comparaison en \%} = \frac{X_r - X_t}{X_t}$$

X<sub>r</sub> : Teneurs moyennes en éléments nutritifs des parcelles reboisées.

X<sub>t</sub> : Teneurs moyennes en éléments nutritifs des témoins de la forêt native.

Mise à part, la variable azote nitrique qui n'a pas satisfait les conditions de normalité et d'homoscédasticité même après des transformations, la comparaison des moyennes par le test Student (t) a montré qu'il n'existe pas de différence significative au seuil 5% entre les échantillons des parcelles reboisées et celles des échantillons témoins et ce au niveau des deux profondeurs 0 -10 cm et 10 -30 cm et pour tous les autres éléments nutritifs (Tableau 34). Tandis que le test non paramétrique Mann Whitney U au seuil 5% a montré que les teneurs en

azote nitrique des parcelles reboisées sont significativement inférieures à celles des témoins de la forêt native (Tableau 35).

**Tableau 33 : Impact du reboisement de *P. halepensis* sur les teneurs en éléments nutritifs en fonction de la profondeur du sol**

Profondeur du sol	Comparaison en % (*)	
	0 - 10 cm	10 - 30 cm
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/100g)	- 44	+ 9
N- NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/100g)	- 79	- 53
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ( mg/kg)	- 44	- 47
K <sub>2</sub> O (mg/kg)	- 23	- 1
MgO (mg/kg)	-12	+ 1
Cu (mg/kg)	- 31	- 19
Mn( mg/kg)	- 27	- 14
Fe (mg/kg)	- 39	- 6
Z (mg/kg)	- 51	- 16
B (mg/kg)	- 41	- 30
<b>Moyenne</b>	<b>- 39</b>	<b>- 18</b>

(\*) La comparaison entre les teneurs en éléments nutritifs des parcelles reboisées et celles des témoins est exprimée en pourcentages calculés par la formule suivante:

$$\text{Comparaison en \%} = \frac{X_r - X_t}{X_t}$$

X<sub>r</sub> : Teneurs moyennes en éléments nutritifs des parcelles reboisées.

X<sub>t</sub> : Teneurs moyennes en éléments nutritifs des témoins de la forêt native.

**Tableau 34 : Test de Student t des variables caractéristiques du sol au seuil de signification 5%**

Profondeur du sol	0 – 30 cm			0 - 10 cm			10 – 30 cm		
	Ddl	T	Sign 5%	Ddl	T	Sign 5%	Ddl	T	Sign 5%
Paramètres statistiques									
Azote ammoniacal	22	-1,19	0,25	10	-1,59	0,14	10	0,44	0,67
Nitrate	22	-	-	10	-	-	10	-1,71	0,15
Phosphore	22	-	-	10	-1,46	0,18	10	-1,89	0,11
Potassium	22	-0,76	0,46	10	-1,02	0,33	10	-0,03	0,97
Magnésie	22	-0,44	0,66	10	-0,63	0,54	10	0,05	0,96
Cuivre	22	-0,93	0,36	10	-0,50	0,63	10	-0,72	0,49
Manganèse	22	-1,11	0,28	10	-0,95	0,36	10	-0,59	0,62
Fer	22	1,57	0,13	10	-1,25	0,24	10	0,82	0,43
Zinc	22	-1,69	0,11	10	-1,50	0,17	10	1,89	0,09
<b>Bore<sup>(*)</sup></b>	22	-2,16	<b>0,04</b>	10	-2,22	0,05	10	-1,62	0,14

(\*) : Différence significative entre les teneurs en bore des parcelles reboisées et celles de la forêt native au niveau de signification p=0.05%.

**Tableau 35 : Test non paramétrique Mann Whitney U des variables caractéristiques du sol au seuil de signification 5%**

Désignation	0 - 30 cm		0 - 10 cm	
	Ddl	Sign 5%	Ddl	Sign 5%
Nitrate (*)	22	<b>0.01</b>	10	<b>0.04</b>
Phosphore(*)	22	<b>0.03</b>	-	-

(\*) : - Différence significative entre les teneurs en nitrate des parcelles reboisées et celles de la forêt native au niveau des profondeurs 0 - 30 cm et 0 - 10 cm à p=0.05%.

- Différence significative entre les teneurs en phosphore Olsen des parcelles reboisées et celles de la forêt native au niveau de la profondeur 0 - 10cm à p=0.05%.

La plantation du *P. halepensis* a un effet négatif aussi sur la teneur de tous les autres éléments nutritifs surtout pour les nitrates, le phosphore Olsen et le bore dont les teneurs sont significativement inférieures à celles enregistrées dans la forêt native. Egalement, des plantations âgées d'environ 70 ans de *P. strobus*, *P. resinosa* et *P. echinata* dans la forêt nationale de Hoosier aux Etats Unis ont enregistré des concentrations plus faibles que celles des forêts de feuillus, avec -29 % pour le carbone total, -30 % pour l'azote total, -37 % pour le



manganèse, -13 % pour le zinc et -24 % pour le bore (Duffy, 2014). Les travaux de Fernández-Ondoño et al., (2010) dans le sud-est d'Espagne ont montré aussi que les concentrations de carbone organique du sol, d'azote, de potassium, de calcium, de sodium et de la capacité d'échange cationique CEC des pinèdes ont été significativement inférieures à celles des forêts natives. De même, les concentrations de Carbone total, d'azote total, de Phosphore, de soufre, de calcium et de magnésium ont diminué après 5 années de la plantation de *P. radiata* dans des prairies en Nouvelle Zélande (Chirino-Valle et al., 2010). Par ailleurs, une diminution significative du phosphore organique du sol a été enregistrée après 10 ans de la plantation des prairies en nouvelles Zélande par des espèces exotiques *P. radiata*, *Cupressus macrocarpa*, *Eucalyptus nitens* (Chirino-Valle et al., 2016).

Cependant, d'autres études en Nouvelle Zélande ont montré au contraire une amélioration de la fertilité des sols après la reforestation par des espèces de pin. Les teneurs en phosphore Olsen assimilable du sol au niveau des plantations de 5 espèces de conifères âgées en moyenne de 46 ans ont été 2 à 4 fois plus élevées que celles des prairies, ce qui pourrait être considéré comme un indicateur d'une amélioration générale de la fertilité du sol pour la végétation associée ou ultérieure (Belton et al., 1996). Les teneurs en phosphore Olsen ont été plus élevées surtout pour les peuplements de conifères les plus âgés et les sols secs (Davis et Lang, 1991). Egalement, après une année du semis de *P. radiata* et de *Dactylis glomerata* dans des pots dans une serre, malgré une plus grande absorption des nutriments par le pin, les teneurs moyennes du sol en azote et en phosphore assimilables étaient respectivement 500% et 20% plus élevées pour le pin que pour *Dactylis glomerata* (Davis, 1995).

Les faibles teneurs en éléments nutritifs enregistrées dans les parcelles reboisées par rapport à celles de la forêt native dans notre aire d'étude pourraient être expliquées par les fortes demandes en éléments nutritifs par les arbres de pin pour assurer leur rapide croissance. Il semble que ces arbres épuisent les réserves du sol en éléments nutritifs assimilables tout en accédant grâce à leur association avec les champignons ectomycorhiziens aux nutriments contenus dans la matière organique du sol (Marschner et Dell, 1994).

En effet, les arbres de pin des peuplements matures forment une canopée plus haute qui supprime toutes les espèces arborescentes indigènes (*Quercus ilex*, *Juniperus phoenicea*, *Juniperus oxycedrus*, *Tetraclinis articulata*, *Pistacia lentiscus* et *Phyllyrea angustifolia*). Le *P. halepensis* représente un modèle expansionniste caractérisé en particulier par sa forte

reproduction, la précocité de sa fructification et sa production élevée de biomasse (**Barbero et Quézel, 1989**).

L'impact négatif de la reforestation de la forêt Beni Sohane par le *P. halepensis* est plus accentué au niveau de la couche superficielle du sol 0 - 10 cm par rapport à celle de 10 – 30 cm. Il semble donc que cet effet dépend aussi de la profondeur du sol. Montero et Delitti (**2017**) ont montré que les stocks de carbone du sol des reboisements d'Eucalyptus et de Pins ont été plutôt plus élevés au niveau de la couche superficielle 0-5 cm du sol que ceux de la forêt naturelle, et inversement ces stocks ont été inférieurs en dessous de 10 cm. Tandis que les teneurs en éléments nutritifs assimilables des forêts natives en sud-est d'Espagne ont été significativement supérieures que celles des boisements de pins et ce pour toutes les profondeurs (0-5 cm, 5-10 cm et > 10 cm) (**Fernández-Ondoño et al., 2010**). Par ailleurs, après 5 années de la plantation de *P. radiata*, les teneurs du sol en phosphore Olsen ont augmenté de 62 % au niveau de la profondeur 0 à 5 cm et de 100 % au niveau de la couche 5 à 10 cm (**Chirino-Valle et al., 2010**).

#### IV Conclusion

La reforestation par le *P. halepensis* dans la forêt Beni Sohane a un effet négatif sur la fertilité du sol, surtout pour les nitrates, le phosphore Olsen et le bore dont les teneurs moyennes sont significativement inférieures à celles enregistrées dans la forêt native.

L'impact négatif de la reforestation est plus accentué au niveau de la couche superficielle du sol 0-10 cm, dont les teneurs moyennes de tous les éléments nutritifs sont amoindries en moyenne par rapport à celles des parcelles de la forêt native de 39 % et seulement de 18 % pour la profondeur 10-30 cm.

La plantation de *P. halepensis* dans la forêt Beni Sohane depuis plus d'une quarantaine d'années n'a pas contribué à l'acidification du sol.

Il semble que le choix du *P. halepensis* pour reboiser des forêts natives devrait être remis en cause. Une bonne compréhension de son impact sur les flux et les équilibres d'éléments nutritifs du sol est aussi nécessaire pour toute reforestation des écosystèmes montagneux. Il serait donc plus approprié de privilégier des espèces forestières autochtones plutôt que des espèces exotiques expansionnistes et sans rendements économiques conséquents.

# **CONCLUSION GENERALE**

---

## Conclusion générale

La vallée Zloul se situe dans le Moyen Atlas septentrional. Elle a connu des changements accélérés et profonds au cours de la deuxième moitié du siècle dernier. Une déforestation massive et une reforestation limitée des zones dégradées de la forêt Beni Sohane par une espèce exotique *Pinus halepensis* Mill.. Ainsi qu'une mise en défens des parcelles oléicoles, depuis l'introduction de la culture d'olivier.

Le but principal de notre travail a été d'explorer ces écosystèmes en pleine mutation et d'évaluer leur état de dynamisme régressif. Certes, en plus du stress écologique accentué par les changements climatiques, l'impact anthropozoïque reste une cause déterminante des profondes transformations du paysage. Cet impact émane d'actions pouvant être considérées comme hostiles et destructrices (déforestation, défrichement, surpâturage, prélèvement du bois de feu....) et d'actions supposées au contraire restauratrices, protectrices telles que la mise en défens des parcelles oléicoles contre le bétail et le reboisement des zones dégradées de la forêt Beni Sohane.

Pour explorer les changements de ces écosystèmes, nous avons entrepris une étude floristique qui a porté sur 122 relevés réalisés durant la saison printanière des années 2015, 2016 et 2017. Elle a été effectuée le long de deux transects parallèles qui recoupent perpendiculairement la vallée. Lors de la réalisation des relevés floristiques, nous avons observé une dégradation des touffes du *C. humilis* au niveau de la chamaeropaie qui couvre le versant sud de Jbel Lakraâ. Ainsi, nous avons jugé utile d'évaluer leur degré de dégradation par la méthode morphométrique. Par ailleurs, l'observation du sous-bois du *P. halepensis* dont la strate herbacée a été relativement appauvrie par rapport à celles de la forêt native, surtout au niveau des plantations âgées, nous a suggéré d'explorer aussi l'impact de cette espèce résineuse sur la biodiversité végétale et sur la fertilité du sol.

L'étude de la végétation a montré une grande diversité physiologique. Cela résulte de la diversité des situations topographiques et altitudinales, des expositions, ainsi que des conditions microclimatiques et édaphiques. Elle a montré aussi une grande richesse floristique, elle a permis d'inventorier 346 espèces appartenant à 208 genres et 53 familles de plantes vasculaires. La diversité floristique est aussi importante avec un indice de Shannon-Weaver de 4.11.

Toutefois, la flore de notre zone d'étude est caractérisée par un indice de perturbation IP élevé (64 %) et une forte thérophytisation (60 %). L'analyse floristique a révélé que les niveaux de perturbation et de thérophytisation les plus élevés sont enregistrés dans les zones

## Conclusion générale

déforestées à savoir les parcelles oléicoles mises en défens et les steppes de Jbel Lakraâ et Jnab Diss.

L'impact anthropozoïque pourrait être illustré d'une manière plus accentuée au niveau de la chamaeropaie, qui enregistre la diversité floristique la plus faible avec un indice de shannon-Weaver de 3.72 et un indice de perturbation plus élevé de 68.85 %. Cet impact a été mis en évidence par l'étude morphométrique qui a montré aussi un état dégradé des touffes du *C. humilis*. La phytomasse des pieds du *C. humilis* de la strate arborée est significativement supérieure à celle de la strate anthropisée.

Par ailleurs, L'impact de la mise en défens des parcelles oléicoles sur la biodiversité végétale devrait être nuancé. Elle a un effet positif sur la richesse et la diversité floristiques. L'indice de Shannon atteint une valeur maximale de 4.67. Cependant, Contrairement à notre attente, le niveau de la perturbation est très élevé avec 70.8 %. Il semble que ces écosystèmes n'ont pas pu retrouver leur équilibre initial malgré une période de mise en défens relativement longue de 40 ans.

Les reboisements du *P halepensis* dans la forêt de Beni Sohane ont un impact négatif sur la richesse et la diversité floristique. Cet impact est plus accentué avec l'âge des reboisements. L'appauvrissement de la strate herbacée a entraîné une perte importante des possibilités de parcours, jadis exploités par le bétail des populations locales et des transhumants.

Outre leur effet négatif sur la végétation autochtone, Les reboisements du *P. halepensis* ont aussi impacté négativement la fertilité des sols. Les teneurs moyennes de tous les éléments nutritifs sont amoindries par rapport à celles des parcelles témoins de la forêt native, surtout pour les nitrates, le phosphore Olsen et le bore dont les teneurs moyennes y sont significativement inférieures. La diminution de ces teneurs est plus accentuée au niveau de l'horizon 0-10 cm en comparaison avec l'horizon 10-30 cm. Contrairement à notre hypothèse de départ, la reforestation depuis plus d'une quarantaine d'années par une espèce résineuse telle que *P. halepensis* n'a pas contribué à l'acidification des sols.

Les écosystèmes de la vallée Zloul présentent des niveaux de dégradation inquiétants surtout au niveau du versant sud du mont Lakraâ. Outre, l'érosion de la biodiversité, celle des sols est plus alarmante suite à la dégénérescence accélérée des touffes du *C. humilis*. De grandes surfaces du versant ont été déjà dénudées, avec des ravinelements qui dépassent parfois 4 m de profondeur. Ce qui pourrait avoir des conséquences écologiques et socioéconomiques désastreuses notamment par envasement des barrages.

## Conclusion générale

La préservation des chamaeropaies doit être considérée comme une des priorités des pouvoirs publics. Une approche intégrée serait nécessaire pour sauvegarder ce patrimoine aussi important que les autres écosystèmes forestiers. Ainsi, il serait judicieux de restituer la strate arborée du versant sud du mont Lakraâ par des reboisements d'espèces autochtones telles que *Quercus ilex* et *Juniperus oxycedrus*. Réglementer l'exploitation des feuilles de *C. humilis* tout en impliquant la population locale et la société civile pour qu'elles puissent s'approprier le projet de préservation de la chamaeropaie.

Pour assurer la durabilité des parcours, il serait utile d'envisager la pratique des Agdals, avec un calendrier de leur ouverture et de leur fermeture en fonction de leur localité et de leur altitude. Evidemment, cela suppose une concertation entre toutes les tribus de la région. En fait, actuellement, il est nécessaire plus que jamais de préserver ce savoir ancestral et ces institutions coutumières en les intégrant harmonieusement dans les politiques publiques pour une gestion durable des écosystèmes montagneux.

Il semble que le choix de reboiser des forêts natives par des espèces exotiques devrait être remis en cause. Il serait donc plus approprié de privilégier plutôt des espèces forestières autochtones. Concernant les reboisements de *P. halepensis* déjà mis en place, il serait nécessaire de procéder par des opérations d'éclaircie dans le but d'atténuer l'impact négatif de cette espèce résineuse expansionniste qui surplombe et domine toute la végétation native. Permettre ainsi, le développement normal des peuplements des espèces arborescentes indigènes telles que *Quercus ilex*, *Juniperus phoenicea*, *Juniperus oxycedrus*, *Tetraclinis articulata*, *Pistacia lentiscus* et *Arbutus unedo*.

Notre étude a essayé d'explorer les écosystèmes en question, en procédant par des études floristiques, morphométriques et pédologiques. Toutefois, elle mérite d'être poursuivie pour mieux appréhender le fonctionnement des écosystèmes montagneux en tenant compte de la complexité de l'interaction qui existe entre les facteurs écologiques et anthropozoïques.

Compte tenu des résultats des études floristiques et morphométriques de la chamaeropaie, une étude histométrique pourrait être envisagée aussi pour comprendre l'impact des conditions climatiques, édaphiques et anthropozoïques sur le développement et l'adaptation des plantes du *C. humilis*.

Par ailleurs, l'expérience de la mise en défens des parcelles oléicoles pourrait être mieux exploitée en se focalisant sur une aire appropriée pour pouvoir comparer l'impact des différentes durées de mise en défens sur la restauration des écosystèmes en fonction des autres facteurs écologiques tels que la nature du sol, l'exposition et l'altitude. Cette mise en

## Conclusion générale

défens permanente constitue un acquis écologique d'une grande valeur, d'abord en tant que référence de la biodiversité des écosystèmes similaires en hautes montagnes et ensuite comme une banque de semences qui assure la durabilité de ces espèces.

En fin, notre étude sur l'impact de la reforestation par le *P. halepensis* mérite d'être complétée d'une part par une exploration des mécanismes de compétition (allélopathie et compétition pour la lumière, l'eau et les nutriments) exercés par cette espèce exotique sur la végétation autochtone dans les conditions environnementales de la forêt de Beni Sohane. D'autre part, par une étude pédologique plus détaillée, tenant compte des âges de plantation et de la nature du sol.

# **REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

---



## Références bibliographiques

- Abourouh, M., Taleb, M., Makhloufi, M., Boulmane, M. et Aronson J. (2005). Biodiversité et dynamique de la végétation dans la subéraie de la Maâmora : Effet de la durée de clôture. *Forêt méditerranéenne*, 26, 275-285.
- Alaoui, A., Laaribya, S., et Gmira, N. (2011). Production, croissance et modèles de conduite sylvicoles des principales essences (le pin maritime et le pin d'Alep) de reboisement au Maroc Kastamonu Univ. *Journal of Forestry Faculty*, 11(1), 68-84. Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 11(1), 68-84.
- Alexandre, F. (2003). L'étagement de la végétation en montagne : Un modèle à revisiter. *L'information géographique*, 67(1), 45-59. <https://doi.org/10.3406/ingeo.2003.2875>
- Alexandre, F., Génin, A., Godron, M., et Lecompte, M. (1998). Distribution des plantes et organisation de la végétation. *L'Espace géographique*, 27(3), 228-238. <https://doi.org/10.3406/spgeo.1998.1163>
- Alexandrian, D. (2003). Sautes de feu: Analyse des mécanismes et modélisation Modèle probabiliste développé dans le cadre du programme SALTUS. *Forêt méditerranéenne* XXIV(4), 445-450.
- Allen, H. D. (2003). Response of past and present Mediterranean ecosystems to environmental change. *Progress in Physical Geography: Earth and Environment*, 27(3), 359- 377. <https://doi.org/10.1191/0309133303pp387ra>
- Alrababah, M. A., Alhamad, M. A., Suwaileh, A., et Al-Gharaibeh, M. (2007). Biodiversity of semi-arid Mediterranean grasslands : Impact of grazing and afforestation. *Applied Vegetation Science*, 10(2), 257-264. <https://doi.org/10.1111/j.1654-109X.2007.tb00524.x>
- Amghar, F., Langlois, E., Forey, E., et Margerie, P. (2016). La mise en défens et la plantation fourragère : Deux modes de restauration pour améliorer la végétation, la fertilité et l'état de la surface du sol dans les parcours arides algériens. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, 20(3), 386-396. <https://doi.org/10.25518/1780-4507.12576>
- Angot, A. (1907). *Traité élémentaire de météorologie*. Gauthier-Villars, 418p.
- Anonyme. (1939). La distribution géographique de quelques espèces tenant une place importante dans la végétation du Maroc. *Publications de l'Institut géobotanique Rübel à Zurich*, 150-153.
- Antipolis, S. (2003). Les menaces sur les sols dans les pays mediterraneens. *Plan bleu*, 80p.
- Aubert, G. (1978). *Méthodes d'analyses du sol*. (2ème Edition.). C.N.D.P. Marseille, 199 p.
- Auclair, L. (2004). La déforestation dans les Pays du Sud : Interactions entre population et développement. In H. Domenach & M. Picouet (Éds.), *Environnement et populations : La durabilité en question* (Centre IRD de Bondy; p.101-127). L'Harmattan. <http://www.documentation.ird.fr/hor/fdi:010033965>
- Azeba, M. (1981). Contribution à l'étude du comportement de la productivité de *Pinus halepensis* Mill. dans les reboisements du versant nord du Haut Atlas central (secteur oriental : Aït Ourir, Tizi N'Tichka). *Mémoire 3ème cycle Eaux et Forêts*, Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Rabat.
- Bagnouls, F. (1953). Saison sèche et indice xéothermique. *Bull Soc His nat Toulouse*, 88, 193-239.
- Balmford, A., Crane, P., Dobson, A., Green, R. E., et Mace, G. M. (2005). The 2010 challenge: Data availability, information needs and extraterrestrial insights. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 360(1454), 221-228. <https://doi.org/10.1098/rstb.2004.1599>

## Références bibliographiques

- Barbault, R. (1993). Une approche écologique de la biodiversité. *Natures Sciences Sociétés*, 1(4), 322-329.
- Barbero, M. (1992). Le pin d'Alep et les espèces voisines : Répartition et caractères écologiques généraux, sa dynamique récente en France méditerranéenne. *Forêt méditerranéenne* XIII(3), 158-170.
- Barbero, M., Loisel, R., et Quézel, P. (1990a). Les apports de la phytoécologie dans l'interprétation des changements et perturbation induite par l'Homme sur les écosystèmes forestiers méditerranéens. *Forêt Méditerranéenne* XII(3), 194-216.
- Barbero, M., Bonin, G., Loisel, R., et Quézel, P. (1990b). Changes and disturbances of forest ecosystems caused by human activities in the western part of the Mediterranean basin. *Vegetatio*, 87(2), 151-173. <https://doi.org/10.1007/BF00042952>
- Barbero, M., et Quézel, P. (1989). Structures, architectures forestières à sclérophylles et prévention des incendies. *Bulletin d'écologie*, 20(1), 7-14.
- Barbero, M., Quézel, P., et Rivas-Martinez, S. (1981). Contribution à l'étude des groupements forestiers et préforestiers du Maroc. *Phytocoenologia*, 311-412. <https://doi.org/10.1127/phyto/9/1981/311>
- Barbero, Marcel, Loisel, R., et Quézel, P. (1988). Perturbations et incendies en région méditerranéenne française. *Homenaje a Pedro Montserrat. Instituto de Estudios Altoaragoneses*, 409-420.
- Barry, R. G. (1992). *Mountain weather and climate*. Psychology Press, 261p.
- Bedel, J. (1986). Aménagement et gestion des peuplements de pin d'Alep dans la zone méditerranéenne française. *Options Méditerranéennes. Serie Etude CIHEAM*, 86(1), 109-125.
- Béguin, C., Géhu, J. M., et Hegg, O. (1979). La symphytosociologie : Une approche nouvelle des paysages végétaux. *Doc. Phytos. N.S*, 4, 49-68, Lille.
- Belarouci, N. L. (1991). Les reboisements en Algérie et leurs perspectives d'avenir. *Office des publications universitaires. Forêt méditerranéenne*XXX(3) 231-238.
- Belghazi, B., Ezzahiri, M., et Romane, F. (2000). Productivité de peuplements naturels de pin d'Alep (*Pinus halepensis* Miller) dans la forêt de Tamga (Haut Atlas, Maroc). *Cahiers Agricultures*, 9(1), 39-46.
- Bellakhdar, J. (1997). *La pharmacopée marocaine traditionnelle. Médecine arabe ancienne et savoirs populaires*. Paris, Ibis Press. 764 p. 12 pl.
- Bellot, J., Maestre, F. T., Chirino, E., Hernández, N., et de Urbina, J. O. (2004). Afforestation with *Pinus halepensis* reduces native shrub performance in a Mediterranean semiarid area. *Acta Oecologica*, 25(1), 7-15. <https://doi.org/10.1016/j.actao.2003.10.001>
- Belsky, A. J., Amundson, R. G., Duxbury, J. M., Riha, S. J., Ali, A. R., et Mwonga, S. M. (1989). The Effects of Trees on Their Physical, Chemical and Biological Environments in a Semi-Arid Savanna in Kenya. *Journal of Applied Ecology*, 26(3), 1005-1024. JSTOR. <https://doi.org/10.2307/2403708>
- Belton, M. C., O'Connor, K. F., et Robson, A. B. (1996). Phosphorus levels in topsoils under conifer plantations in Canterbury high country grasslands. *New Zealand Journal of Forestry Science*, 25, 265-82.
- Benabdeli, K. (1996). Aspects physionomico-structuraux de la végétation ligneuse face à la pression anthropozoogène dans les monts de Tlemcen et les monts de Dhaya (Algérie occidentale). *Université Djillali Liabes, Sidi Bel Abbes, Algeria*, 400 p.
- Benabid, A. (1985). Les écosystèmes forestiers, préforestiers et prestépiques du Maroc : Diversité, répartition biogéographique et problèmes posés par leur aménagement. *Forêt méditerranéenne*VII(1), 53-64.
- Benabid, A. (2000). *Flore et écosystèmes du Maroc : Evaluation et préservation de la biodiversité*. Ibis Press, 2000, 359 p.

## Références bibliographiques

- Benabid, A. (2012). Le palmier nain, *Chamaerops humilis* L. var *typica* Maire & var. *Argentea* André au Maroc. Le palmier Hors-Série n°1 : *Chamaerops humilis*, 66p.
- Benabid, A., et Fennane, M. (1994). Connaissances sur la végétation du Maroc : Phytogéographie, phytosociologie et séries de végétation. *Lazaroa*, 14, 21.
- Benarchid, K., Khatori, M., et Hilali, S. (2018a). Evaluation De La Dégradation De La *Chamaerops* Du Versant Sud Du Mont «Jbel Lakraâ» (Maroc) Etudes Floristique Et Morphométrique. *European Scientific Journal, ESJ*, 14(14),76-90.  
<https://doi.org/10.19044/esj.2018.v14n14p76>
- Benarchid, K., Khatori, M., et Hilali, S. (2018b). Impact de la reforestation de *Pinus halepensis* sur la biodiversité dans la forêt Beni Sohane (Ribat Al Kheir-Maroc). *Proceeding du 13 th International Scientific Forum, ISF 2018, 4-6 October, Fez, Morocco. European Scientific Institute.* 149-159.  
<https://doi.org/10.19044/esj.2018.c6p9>
- Benarchid, K., Khatori, M., et Hilali, S. (2020). Anthropozoic impacts on forest ecosystems Case of Zloul valley (Ribat El Kheir Region - Morocco). *African Journal of Ecology.* 00, 1-11. <https://doi.org/10.1111/aje.12726>
- Benbrahim, K. F., Ismaili, M., Benbrahim, S. F., et Tribak, A. (2004). Problèmes de dégradation de l'environnement par la désertification et la déforestation : Impact du phénomène au Maroc. *Science et changements planétaires/Sécheresse*, 15(4), 307-320.
- Beniston, M., Diaz, H. F., et Bradley, R. S. (1997). Climatic change at high elevation sites : An overview. *Climatic Change*, 36(3-4), 233-251.  
<https://doi.org/10.1023/A:1005380714349>
- Benkhetou, A., Azouzi, B., Djili, K., Mohamed, B., Zedek, M., et Saadi, R. (2015). Diversité floristique du massif du Nador en zone steppique (Tiaret, Algérie). *European Scientific Journal*, 11(21), 401-419.
- Berg, B., & McClaugherty, C. (2003). Decomposer organisms. In *Plant Litter* (pp. 31-48). Springer, Berlin, Heidelberg, 286p.
- Bilem, A., Koudache, F., Toumi, F., et Hasnaoui, O. (2015). Contribution à l'étude morphométrique du *Chamaerops humilis* L. : Approche comparative des peuplements des monts de Traras et des monts de Tlemcen. *Afrique Science*, 11(6).
- Billem, A. (2012). Contribution à l'étude histologique du *Chamaerops humilis* L. : Approche comparative des peuplements des Monts de Traras et des Monts de Tlemcen. *Magister. Université Es-senia Oran*, 155p.
- Binkley, D. (1995). The Influence of Tree Species on Forest Soils : Processes and Patterns. *Proceedings of the trees and soil workshop*, 7, 994, 33p.
- Birouk, A., Tazi, M., Mellas, H., Maghnoij, M. M., M'hirit, O., Lewalle, J., Amri, A., Bounejmate, M., et Hammoutou, M. (1995). Maroc : Rapport de pays pour la conférence technique internationale de la FAO sur les ressources phytogénétiques. *Leipzig*, 76p.
- Blérot, P., et Mhirit, O. (1999). *Le grand livre de la forêt marocaine*. Editions Mardaga, Belgique, 280p.
- Bonin, G., Bousquet-Melou, A., Lelong, B., Voiriot, S., Nozay, S., et Fernandez, C. (2007). Expansion du pin d'Alep. Rôle des processus allélopathiques dans la dynamique successionnelle. *Forêt méditerranéenne* XXVIII(3), 211-218.
- Bonin, G, et Loisel, R. (1996). Anthropisation et analyse écologique en milieu méditerranéen. *Perceptions et Mesures.* 45-53.
- Brahimi, N., Okkacha, H., et Ismahan, C. (2016). Contribution of *Chamaerops humilis* L.(Arecaceae) in Conservation in Situ of Soil Resources in the Tlemcen Region (Western Algeria). *Open Journal of Ecology*, 6(09), 562-567.  
<https://doi.org/10.4236/oje.2016.69054>

## Références bibliographiques

- Brand, D. G., Kehoe, P., et Connors, M. (1986). Coniferous afforestation leads to soil acidification in central Ontario. *Revue canadienne de recherche forestière*, 16 (6), 1389-1391, <https://doi.org/10.1139/x86-248>.
- Braun-Blanquet, J. (1951). *Planzensoziologie*, 2<sup>o</sup> Ed., Springer (Eds.), Vienne, 631p.
- Braun-Blanquet, J. (2013). *Pflanzensoziologie : Grundzüge der vegetationskunde*. Springer-Verlag.
- Bremer, L. L., et Farley, K. A. (2010). Does plantation forestry restore biodiversity or create green deserts ? A synthesis of the effects of land-use transitions on plant species richness. *Biodiversity and Conservation*, 19(14), 3893-3915.
- Breshears, D. D., Nyhan, J. W., Heil, C. E., et Wilcox, B. P. (1998). Effects of Woody Plants on Microclimate in a Semiarid Woodland : Soil Temperature and Evaporation in Canopy and Intercanopy Patches. *International Journal of Plant Sciences*, 159(6), 1010-1017. <https://doi.org/10.1086/314083>
- Brunsdon, C., McClatchey, J., et Unwin, D. J. (2001). Spatial variations in the average rainfall–altitude relationship in Great Britain : An approach using geographically weighted regression. *International Journal of Climatology : A Journal of the Royal Meteorological Society*, 21(4), 455–466. <https://doi.org/10.1002/joc.614>
- Buscardo, E., Smith, G. F., Kelly, D. L., Freitas, H., Iremonger, S., Mitchell, F. J., O'Donoghue, S., et McKee, A.-M. (2008). *Journal Biodiversity and Conservation*, 17(5), 1057-1072. <https://doi.org/10.1007/s10531-007-9275-2>
- Byers, H. R. (1965). *Elements of cloud physics*. University of Chicago Press, 191p.
- CABI. (2013). *The CABI Encyclopedia of Forest Trees*. Ed., CABI, 538p.
- Castellana, R. (2017). *Maquis & Chamaeropaies. Approche ethno-botanique*. (Bibliographie commentée). Bioarchive. Princeps 2-3.
- Catorci, A., Ottaviani, G., Ballelli, S., et Cesaretti, S. (2011). Functional differentiation of Central Apennine grasslands under mowing and grazing disturbance regimes. *Polish Journal of Ecology*, 59(1), 115-128.
- Chambel, M. R., Climent, J., Pichot, C., et Ducci, F. (2013). Mediterranean Pines (*Pinus halepensis* Mill. And *brutia* Ten.). In L. E. Pâques (Éd.), *Forest Tree Breeding in Europe : Current State-of-the-Art and Perspectives* (p. 229-265). Springer Netherlands. [https://doi.org/10.1007/978-94-007-6146-9\\_5](https://doi.org/10.1007/978-94-007-6146-9_5)
- Chase, M. W., Christenhusz, M. J. M., Fay, M. F., Byng, J. W., Judd, W. S., Soltis, D. E., Mabberley, D. J., Sennikov, A. N., Soltis, P. S., et Stevens, P. F. (2016). An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants : APG IV. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 181(1), 1-20.
- Chirino-Valle, I., Condrón, L. M., McLenaghan, R. D., et Davis, M. (2010). Effects of plantation forest species on soil properties. *Soil Solutions for a Changing World: Proceedings of the 19th World Congress of Soil Science, Brisbane, Australia*, 1-6.
- Chirino-Valle, I., Davis, M. R., et Condrón, L. M. (2016). Impact of different tree species on soil phosphorus immediately following grassland afforestation. *Journal of soil science and plant nutrition*, 16(2), 477-489. <https://doi.org/10.4067/S0718-95162016005000040>
- Clément, V. (2005). Les feux de forêt en Méditerranée : Un faux procès contre Nature. *L'Espace géographique*, 34(4), 289-304.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the social sciences*. (2<sup>e</sup> éd.). Routledge, 559p.
- Colo, G. (1961). *Contribution à l'étude du Jurassique du Moyen Atlas septentrional : Atlas de planches hors texte*. Éd. de la Division de la géologie, Direction, Ministère, Royaume du Maroc, 226p.

## Références bibliographiques

- Daget, P. (1980). Sur les types biologiques botaniques en tant que stratégie adaptative (cas des thérophytes). Barbault R., Blandin P., Meyer JA: " Recherches d'écologie théorique. Les stratégies adaptatives, 89-114.
- Daget, P, et David, P. (1982). Essai de comparaison de diverses approches climatiques de la méditerranéité. *Ecologia Mediterranea*, 8(1-2), 33-48.
- Daget, P. (1977a). Le bioclimat méditerranéen : Caractères généraux, modes de caractérisation. *Vegetatio*, 34(1), 1-20.
- Daget, P. (1977b). Le bioclimat méditerranéen : Analyse des formes climatiques par le système d'Emberger. *Vegetatio*, 34(2), 87-103.
- Dagnelie, P. (1970). Théorie et méthodes statistiques, T1. La statistique descriptive et les fondements de l'inférence statistique. Presses agronomiques de Gembloux cop, 378p.
- Dajoz, R. (2003). Précis d'écologie. 7ème édition, Ed. Dunod, Paris, 615p.
- Davis, M.R. (1998). Soil impacts of afforestation in the high country. *New Zealand Forestry*, 42, 34-38.
- Davis, M. R. (1995). Influence of radiata pine seedlings on chemical properties of some New Zealand montane grassland soils. *Plant and soil*, 176(2), 255-262.
- Davis, M. R., et Lang, M. H. (1991). Increased nutrient availability in topsoils under conifers in the South Island high country. *New Zealand Journal of Forestry Science*, 21(2/3), 165-179.
- De Beaulieu, J.-L., Miras, Y., Andrieu-Ponel, V., et Guiter, F. (2005). Vegetation dynamics in north-western Mediterranean regions : Instability of the Mediterranean bioclimate. *Plant Biosystems-An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology*, 139(2), 114-126. <https://doi.org/10.1080/11263500500197858>
- De Martonne, E. (1926). Une nouvelle fonction climatologique : L'indice d'aridité. *Meteorologie*, 2, 449-459.
- Debrach, J. (1953). Notes sur les climats du Maroc occidental. *Maroc méridional*, 32(342), 1122-1134.
- Delannoy, H., et Lecompte, M. (1980). Utilisation de l'analyse factorielle des correspondances pour l'étude, des précipitations quotidiennes : Un exemple au Maroc. *Méditerranée*, 40(4), 29-36. <https://doi.org/10.3406/medit.1980.1952>
- Delpech, R. (2006). Vocabulaire de phytosociologie et de synécologie végétale. La banque des mots, n° 51, Conseil International de la Langue Française, 38 p.
- Dervin, C. (1988). Comment interpréter les résultats d'une analyse factorielle des correspondances ? Institut technique des céréales et des fourrages. ITCF-INAPG, Paris 75p. <http://www.sudoc.fr/054239168>
- Di Castri, F. (1981). Mediterranean-type shrublands of the world. *Ecosystems of the World*, 11, 1-43.
- DREFLCD FB. (1997). Etude d'aménagement du bassin versant à l'amont du barrage Allal El Fassi. Milieu physique et socio-économie (1), 13-16.
- Duchaufour, P. (1983). Pédologie. 2e éd.. Tome I. Pédogenèse et classification. Ed. Masson et Cie, Paris. 477p.
- Duchaufour, P. (1997). Abrégé de Pédologie; Sol, Végétation, Environnement. Ed. Masson, Paris, 291p.
- Duffy, P. J. (2014). Vegetation and soil characteristics of pine plantations and naturally regenerated hardwood forests on the Hoosier National Forest. Purdue University. West Lafayette, Indiana, 128p.
- El Hamrouni, A. (1992). Végétation forestière et préforestière de Tunisie : Typologie et éléments de gestion. PhD Thesis, Université d'Aix-Marseille III, Aix-en-Provence, 220p.

## Références bibliographiques

- Ellis, E. C., et Ramankutty, N. (2008). Putting people in the map : Anthropogenic biomes of the world. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 6(8), 439-447.  
<https://doi.org/10.1890/070062>
- Emberger, L. (1930). Sur une formule climatique applicable en géographie botanique. *C.R.A. Sc.*, 1991, 389-390.
- Emberger, L. (1938). Arbres du Maroc et comment les reconnaître. Ed. Larose, Paris, 317p.
- Emberger, L. (1943). Les limites de l'aire de végétation méditerranéenne en France. *Bull. Soc.Hist.Nat*, Toulouse, 78(3), 159-180.
- Emberger, L. (1955). Une classification biogéographique des climats, vol. 7. Recueil des Travaux de l'Institut Botanique de l'Université de Montpellier, 3-43.
- Emberger, L. (1971). Considérations complémentaires au sujet des recherches bioclimatologiques et phytogéographiques-écologiques. *Travaux de Botanique et d'Ecologie*, 291-301.
- Fady, B., Semerci, H., et Vendramin, G. G. (2003). EUFORGEN Technical Guidelines for genetic conservation and use for Aleppo pine (*Pinus halepensis*) and Brutia pine (*Pinus brutia*). Ed., Bioversity International, 6p.
- FAO. (2015). Evaluation des ressources forestières mondiales, Rapport National Maroc, Rome, 107 p.
- Farjon, A. (2010). A Handbook of the World's Conifers (Vol. 1). Ed., Brill. 21-28.
- Fénelon, P. (1939). 1e partie. - Les steppes. *L'Information Géographique*, 3(3), 136-139.  
<https://doi.org/10.3406/ingeo.1939.6620>
- Fennane, M. (2003). Evolution actuelle et future des écosystèmes arborés au Sud de la Méditerranée : Cas du Maroc. *Bocconea*, 16(1) : 439-444.
- Fennane, M. (2004). Propositions de zones importantes pour les plantes au Maroc (ZIP Maroc). Institut Scientifique, Rabat, Maroc, 25p.
- Fennane, M, Tattou, M. I., Mathez, J., et Quézel, P. (1999). Flore pratique du Maroc : Manuel de détermination des plantes vasculaires. Pteridophyta, Gymnospermae, Angiospermae (Lauraceae-Neuradaceae). Institut scientifique Rabat Maroc, Série Botanique, 36.
- Fennane, M., Ibn Tattou, M., Mathez, J., Ouyahya, A., et El Oualidi, J. (2007). Flore pratique du Maroc. Manuel de détermination des plantes vasculaires volume 2. Angiospermae (Leguminosae-Lentibulariaceae). Travaux de l'Institut Scientifique, Série Botanique, 38.
- Fennane, M., Ibn Tattou, M., et El Oualidi, J. (2014). Flore pratique du Maroc, Dicotylédones (pp), Monocotylédones. Travaux de l'Institut Scientifique Rabat, Série Botanique, 40.
- Fernandez, C. (2007). Expansion du pin d'Alep. Rôle des processus allélopathiques dans la dynamique successione. *Forêt méditerranéenne*.XXVIII(3), 211-218.
- Fernandez, C., Lelong, B., Vila, B., Mévy, J.-P., Robles, C., Greff, S., Dupouyet, S., et Bousquet-Mélou, A. (2006). Potential allelopathic effect of *Pinus halepensis* in the secondary succession : An experimental approach. *Chemoecology*, 16(2), 97-105.  
<https://doi.org/10.1007/s00049-006-0334-z>
- Fernández-Ondoño, E., Rojo Serrano, L., Jiménez, M. N., Navarro, F. B., Diez, M., Martín., F., Fernández, J., Martínez, F. J., Roca, A., et Aguillar, J. (2010). Afforestation improves soil fertility in South-Eastern Spain. *European Journal of Forest Research*, 129(4), 707-717. <https://doi.org/10.1007/s10342-010-0376-1>.
- Fisher, R. F., et Stone, E. L. (1969). Increased availability of nitrogen and phosphorus in the root zone of conifers. *Soil Science Society of America Journal*, 33(6), 955-961.  
<https://doi.org/10.2136/sssaj1969.03615995003300060043x>
- Floret, C., et Pontanier, R. (1982). L'aridité en Tunisie présaharienne : Climat, sol, végétation et aménagement. Office de recherche scientifique et technique outre-mer, Paris, 544p.

## Références bibliographiques

- Floret, C., et Pontanier, R. (1984). Aridité climatique, aridité édaphique. *Bulletin de la Société Botanique de France. Actualités Botaniques*, 131(2-4), 265–275.
- Foudil, K., Benabdeli, K., et Morsli, B. (2015). Impact de la mise en défens sur la lutte contre la désertification dans les parcours steppiques : Cas de la région de Naâma (sud-ouest algérien). *Revue d'écologie*, 70(1), 16-31.
- Gamoun, M., Ouled Belgacem, A., Hanchi, B., Neffati, M., et Gillet, F. (2012). Effet du pâturage sur la diversité floristique des parcours arides du sud tunisien. *Revue d'écologie*, 67(3), 171-182.
- Garcia-Castano, J. L., Terrab, A., Ortiz, M. A., Stuessy, T. F., et Talavera, S. (2014). Patterns of phylogeography and vicariance of *Chamaerops humilis* L.(Palmae). *Turkish Journal of Botany*, 38(6), 1132-1146. <https://doi.org/10.3906/bot-1404-38>
- Gast, M. (1996). Doum. *Encyclopédie berbère*, 17, 2533-2537.
- Géhu, J. M. (1980). La Phytosociologie d'aujourd'hui. *Not. fitosoc*, 16, 1-16.
- Gehu, J. M., Costa, M., Biondi, E., Franck, J., et Arnold, N. (1987). Données sur la végétation littorale de la Crète (Grèce). *Ecologia mediterranea*, 13(1-2), 93-105. <https://doi.org/10.3406/ecmed.1987.1615>
- Geng, S., Shi, P., Song, M., Zong, N., Zu, J., et Zhu, W. (2019). Diversity of vegetation composition enhances ecosystem stability along elevational gradients in the Taihang Mountains, China. *Ecological Indicators*, 104, 594-603. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.05.038>
- Genin, D., Kerautret, L., Hammi, S., Cordier, J. B., et Alifriqui, M. (2012). Biodiversité et pratiques de l'agdal : Un élément de l'environnement à l'épreuve de ses fonctions d'utilité pour les sociétés du Haut Atlas central. In L. Auclair & M. Alifriqui (Éds.), *Agdal : Patrimoine socio-écologique de l'Atlas marocain* (Centre IRD de Bondy; Numéro 29, p. 93- 125). IRCAM. <http://www.documentation.ird.fr/hor/fdi:010059471>
- Ghiloufi, W., Perez, J. L. Q., Gomez, M. G., et Chaieb, M. (2015). Assessment of species diversity and state of *Stipa tenacissima* steppes. *Turkish Journal of Botany*, 39(2), 227-237.
- Giddens, K. M., Parfitt, R. L., et Percival, H. J. (1997). Comparison of some soil properties under *Pinus radiata* and improved pasture. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 40(3), 409-416. <https://doi.org/10.1080/00288233.1997.9513262>
- Giovino, A., Scibetta, S., Fodale, A. S., et Zizzo, G. V. (2010). Infra-specific variation of natural populations of *Chamaerops humilis* L. : Preliminary evaluation of suitable morphological traits. I International Symposium on Genetic Resources of Bamboos and Palms and III International Symposium on Ornamental Palms *Acta Horticulturae*, 1003, 151-156. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2013.1003.20>
- Giovino, Antonio, Scibetta, S., Saia, S., et Guarino, C. (2014). Genetic and morphologic diversity of European fan palm (*Chamaerops humilis* L.) populations from different environments from Sicily. *Botanical journal of the Linnean Society*, 176(1), 66-81. <https://doi.org/10.1111/boj.12195>
- Gounot, M. (1969). *Méthodes d'étude quantitative de la végétation*. Ed. Masson, Paris, 314p.
- Grime, J. P. (1977). Evidence for the existence of three primary strategies in plants and its relevance to ecological and evolutionary theory. *The American Naturalist*, 111(982), 1169-1194. <https://doi.org/10.1086/283244>
- Grime, J. P. (1997). Biodiversity and ecosystem function : the debate deepens. *Science*, 277 (5330), 1260-1261. <https://doi.org/10.1126/science.277.5330.1260>
- Guinochet, M. (1973). *Phytosociologie* (Vol. 1). Masson, 227p.
- Guo, L. B., et Gifford, R. M. (2002). Soil carbon stocks and land use change : A meta analysis. *Global change biology*, 8(4), 345-360.

## Références bibliographiques

- Gutierrez Flores, I. R., et Becerra Osses, P. I. (2017). The effect of native forest replacement by *Pinus radiata* plantations on riparian plant communities in Chile. *Plant Ecology & Diversity*, 10(1), 65-75. <https://doi.org/10.1080/17550874.2017.1294630>
- Guyot, G. (1999). *Climatologie de l'environnement : Cours et exercices corrigés*. Dunod, 2e édition, Paris, 525p.
- Guzmán, B., Fedriani, J. M., Delibes, M., & Vargas, P. (2017). The colonization history of the Mediterranean dwarf palm (*Chamaerops humilis* L., *Palmae*). *Tree Genetics & Genomes*, 13(1), 24. <https://doi.org/10.1007/s11295-017-1108-1>
- Hartley, R. D., et Whitehead, D. C. (1985). Phenolic Acids in Soils and their Influence on Plant Growth and Soil Microbial Processes. In D. Vaughan & R. E. Malcolm (Éds.), *Soil Organic Matter and Biological Activity* (p. 109- 149). Springer Netherlands. [https://doi.org/10.1007/978-94-009-5105-1\\_4](https://doi.org/10.1007/978-94-009-5105-1_4)
- Hashoum, H. (2017). Impact du changement climatique sur les interactions biotiques en forêt méditerranéenne : Approches chimique, écophysiologique et fonctionnelle [Thesis, Aix-Marseille], 128p. <http://www.theses.fr/2017AIXM0480>
- Hasnaoui, O. (1998). Etude des groupements à *Chamaerops humilis* L. subsp. *Argentea* dans la région de Tlemcen [PhD Thesis], 127p.
- Hasnaoui, O. (2008). Contribution à l'étude de la *Chamaerops* de la région de Tlemcen : Aspects écologiques et cartographie. Université Abou Bakr Belkaid, Tlemcen Algérie, 81-88.
- Hasnaoui, O., Bouazza, M., Benali, O., et Thinon, M. (2011). Ethno botanic study of *Chamaerops humilis* L. var. *Argentea* Andre (Arecaceae) in Western Algeria. *Agricultural journal*, 6(1), 1-6.
- Hasnaoui, O., Bouazza, M., et Thinon, M. (2006). Contribution à l'étude de la régénération naturelle de *Chamaerops humilis* L. var. *Argentea* André dans les zones arides et semi-arides de la région de Tlemcen (Algérie occidentale). *Bull. Soc. linn. Provence*, 57, 27-31.
- Herrera, J. (1989). On the reproductive biology of the dwarf palm, *Chamaerops humilis* in southern Spain. *Principes*, 33(1), 27-32.
- Hooper, D. U., Adair, E. C., Cardinale, B. J., Byrnes, J. E. K., Hungate, B. A., Matulich, K. L., Gonzalez, A., Duffy, J. E., Gamfeldt, L., et O'Connor, M. I. (2012). A global synthesis reveals biodiversity loss as a major driver of ecosystem change. *Nature*, 486(7401), 105-108. <https://doi.org/10.1038/nature11118>
- Iltis, J. (1951). Le crin végétal : Son importance au Maroc. *Coton et Fibres Tropicales*, 6(2), 125-130.
- Ionesco, T., et Sauvage, C. (1962). Les types de végétation du Maroc : Essai de nomenclature et de définition. Ministère de l'Agriculture. Sous-Direction de la Recherche Agronomique et de l'Enseignement Agricole. *Rev. Géogr. Maroc*, 1-2, 75-87.
- Julve, P. (1989). Sur les relations entre types biologiques et stratégies adaptatives chez les végétaux. *Bulletin d'écologie*, 20(1), 79-80.
- Kadik, B. (1987). Contribution à l'étude du Pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.) en Algérie : Écologie, dendrométrie, morphologie [PhD Thesis]. Office des publications universitaires (Alger), 585 p.
- Kazakis, G., Ghosn, D., Titah, A., et Chakroun, M. L. (2008). Le problème des incendies de forêts en Méditerranée. *La Lettre de veille du CIHEAM*, 6, 13p.
- Kuiters, A. T. (1990). Role of phenolic substances from decomposing forest litter in plant-soil interactions. *Acta botanica neerlandica*, 39(4), 329-348.
- Lacoste, A. (1972). La végétation de l'étage subal-pin du bassin supérieur de la Tinée (Alpes Maritimes). Applications de l'analyse multidimensionnelle aux données floristiques et écologiques. Thèse, Paris-Orsay, 295p.



## Références bibliographiques

- Lacoste, A., et Salanon, R. (2001). *Eléments de biogéographie et d'écologie*. 2e édition. Paris, Nathan, coll. Fac. Géographie, 318 p.
- Lahlou, A. (1997). *Dégradation spécifique des bassins versants au Maroc*. Rapport n°1000. Ministère de l'équipement et de la promotion nationale, Direction de l'hydraulique, Division exploitation, service de gestion des eaux, Rabat, Maroc. In Issa, L. K., Lech-Hab, K. B. H., Raissouni, A., & El Arrim, A. (2016). Cartographie quantitative du risque d'érosion des sols par approche SIG/USLE au niveau du bassin versant Kalaya (Maroc Nord Occidental). *J Mater Environ Sci*, 7(8), 2778-2795.
- Le Floc'h, E. (2001). Biodiversité et gestion pastorale en zones arides et semi-arides méditerranéennes du Nord de l'Afrique. *Bocconea*, 13, 223–237.
- Le Houerou, H. N. (2004). An agro-bioclimatic classification of arid and semiarid lands in the isoclimatic Mediterranean zones. *Arid land research and management*, 18(4), 301-346.
- Le Houérou, H. N. (2005). Atlas of climatic diagrams for the isoclimatic Mediterranean zones, *ecologia mediterranea*, 31(1) : 107-110.
- Le Houérou, H. N., Claudin, J., et Pouget, J. C. M. (1977). Etude bioclimatique des steppes algériennes. *Bull. Soc. Hist. nat. Afr. Nord*, 68(3-4), 33-74.
- Le Houerou, H. N. (1980). L'impact de l'homme et de ses animaux sur la forêt méditerranéenne. 2ème partie. Forêt méditerranéenne II(2), 155-174.
- Le Houérou, H. N. (1995). Bioclimatologie et biogéographie des steppes arides du Nord de l'Afrique. Centre international de hautes études agronomiques méditerranéennes. Institut agronomique méditerranéen de Montpellier. Options Méditerranéennes : Série B, Etudes et Recherches 10, 396 p.  
<http://om.ciheam.org/om/pdf/b10/CI951183.pdf>
- Le Houérou, H. N., Evenari, M., et Goodall, D. W. (1986). The desert and arid zones of Northern Africa. *Ecosystems of the world*, 12, 101-147.
- Lecompte, M. (1984). Relation climat-végétation dans le Moyen-Atlas marocain : Essai de bioclimatologie. (Essai de bioclimatologie). Thèse Doct. es-Sc. Univ. Sci. et Tech. Languedoc, Montpellier.
- Leguet, J. B. (2008). Analyse des impacts anthropiques sur les dynamiques forestières d'une vallée du Haut Atlas. Mémoire de fin d'études d'Ingénieur de l'ENITA. Bordeaux: Ecole Nationale d'Ingénieurs des Travaux Agricoles de Bordeaux, 53 p.
- Leroy, M. (2002). La mesure au sol de la température et des précipitations. *La Météorologie* 8(39), 52-56.  
<https://doi.org/10.4267/2042/36247>
- LFDA. (2019, juillet 22). Rapport de la Plateforme intergouvernementale sur la biodiversité et les services écosystémiques (IPBES) <http://bit.ly/IPBESReport>. La Fondation Droit Animal, Ethique et Sciences. <http://www.fondation-droit-animal.org/102-rapport-ipbes-biodiversite-et-services-ecosystemiques/>
- Loisel, R., et Gamila, H. (1993). Traduction des effets du débroussaillage sur les écosystèmes forestiers et préforestiers par un indice de perturbation. *Ann. Soc. Sci. Nat. Arch. Toulon*, 123-132.
- Maatougui, A., Tardif, N., Acherkouk, M., et Aziz, E. H. M. (2013). Impact d'une mise en defens sur la biodiversite vegetale d'une steppe semi-aride a artemisia herba-alba asso.dans les hauts plateaux de l'oriental marocain. *Science Lib Editions Mersenne*, 5 (131006).
- Maire, R. (1957). Flore de l'Afrique du Nord, vol. 4. Ed. Paul Lechevalier, Paris, 333 p.
- Marcon, E. (2015). Mesures de la biodiversité. Master. Kourou, France, 270 p.
- Marschner, H., et Dell, B. (1994). Nutrient uptake in mycorrhizal symbiosis. *Plant and soil*, 159(1), 89–102.  
<https://doi.org/10.1007/BF00000098>

## Références bibliographiques

- Martínez, S. R. (1980). Les étages bioclimatiques de la végétation de la Péninsule Ibérique. *Anales del Jardín Botánico de Madrid*, 37, 251-268.
- Mauri, A., Di Leo, M., de Rigo, D., et Caudullo, G. (2016). *Pinus halepensis* and *Pinus brutia* in Europe : Distribution, habitat, usage and threats. *European Atlas of forest tree species*, e0166b8+.
- McIntyre, S., et Lavorel, S. (1994). Predicting richness of native, rare, and exotic plants in response to habitat and disturbance variables across a variegated landscape. *Conservation biology*, 8(2), 521-531. <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.1994.08020521.x>
- Medail, F., et Quezel, P. . (1997). Analyse des points chauds pour la conservation de la biodiversité végétale dans le bassin méditerranéen. *Annales du jardin botanique du Missouri*, 84, 112-127.  
<http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:http://webpages.icav.up.pt/pt/dc/BIA-BIC/4093/2012/4.pdf>
- Médail, F., et Diadema, K. (2006). Biodiversité végétale méditerranéenne et anthropisation : Approches macro et micro-régionales. *Annales de géographie*. Ed. Armand Colin 5(651), 618-640.
- Medail, F., et Quezel, P. (1996). Signification climatique et phyto-écologique de la redécouverte en France méditerranéenne de *Chamaerops humilis* L.(Palmae). *Comptes rendus de l'Académie des sciences. Série 3, Sciences de la vie*, 319(2), 139-145.
- Meddour, R. (1994). Contribution à l'étude phytosociologique de la portion centro-orientale du parc national de Chréa. Essai d'interprétation synthétique des étages et des séries de végétation de l'Atlas blidéen. Thèse de magister, Inst. Nat. Agron., Alger, 330 p.
- Medjati, N. (2014). Contribution à l'étude biologique et phytoécologique du *Chamaerops humilis* L., dans la partie occidentale de l'Algérie. Université Aboubakr Belkaïd – Tlemcen, 168 p.
- Merlo, M. E., Alemán, M. M., Cabello, J., et Peñas, J. (1993). On the Mediterranean fan palm (*Chamaerops humilis*). *Principes*, 37(3), 151-158.
- M'hirit, O. (1982). Etude écologique et forestière des cédraies du Rif marocain ; essai sur une approche multidimensionnelle de la phytoécologie et de la productivité du cèdre (*Cedrus Atlantica* Manetti). Thèse ès-Science naturelles. Fac.St.Jérôme, Marseille, 436 p.
- Mhirit, O. (1999). Le cèdre de l'Atlas à travers le réseau "Silva mediterranea" cèdre". *Bilan et perspectives. Forêt méditerranéenne* XX (3), 91-100.
- Mhirit, O., et Et-Tobi, M. (2010). Les écosystèmes forestiers face au changement climatique : Situation et perspectives d'adaptation au Maroc. *Changement climatique: impacts sur le Maroc et options d'adaptation globales*. Institut Royal des Etudes Stratégiques, Maroc, 260 p.
- Montero, L. L., et Delitti, W. (2017). Effects of Eucalyptus and Pinus Forest Management on Soil Organic Carbon in Brazilian Wooded-Savanna. In *Forest Biomass and Carbon*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.72684>
- Morris, S. J., Bohm, S., Haile-Mariam, S., et Paul, E. A. (2007). Evaluation of carbon accrual in afforested agricultural soils. *Global Change Biology*, 13(6), 1145-1156..  
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2007.01359.x>
- Nahal, L. (1962). Le Pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.). Étude taxonomique, phytogéographique, écologique et sylvicole. *Annales de l'école nationale des eaux et forêts et de la station de recherches et expériences*. 19(4), 475-686.
- Nahal, I. (1981). Mediterranean climate from a biological viewpoint. *Ecosystems of the World*. *agris.fao.org*, 11, 63-93.

## Références bibliographiques

- Nahal, I. (1986). Taxonomie et aire géographique des pins du groupe halepensis. Le pin d'Alep et le pin brutia dans la sylviculture méditerranéenne. Paris : CIHEAM Options Méditerranéennes. Série Etudes (1986-I), 1-9.
- Ne'eman, G., et Trabaud, L. (2000). (Ed.): Ecology, Biogeography and Management of Pinus Halepensis and P. Brutia Forest Ecosystems in the Mediterranean Basin. *Biologia Plantarum*, 4(43), 598-598. <https://doi.org/10.1023/A:1002805627957>
- Nouvelot, J.-F. (1990). Erosion mécanique, transport solide, sédimentation dans le cycle de l'eau. Orstom, Grenoble, 125 p.
- Ozenda, P. (1975). Sur les étages de végétation dans les montagnes du bassin méditerranéen. Documents de cartographie écologique, Grenoble XVI, 1-32.
- Ozenda, P. (1991). Les relations biogéographiques des montagnes sahariennes avec la région méditerranéenne. *Revue de géographie alpine*, 79(1), 43-53. <https://doi.org/10.3406/rga.1991.3585>
- Parfitt, R. L., Percival, H. J., Dahlgren, R. A., et Hill, L. F. (1997). Soil and solution chemistry under pasture and radiata pine in New Zealand. *Plant and soil*, 191(2), 279-290. <https://doi.org/10.1023/A:1004266000509>
- Paul, K. I., Polglase, P. J., Nyakuengama, J. G., et Khanna, P. K. (2002). Change in soil carbon following afforestation. *Forest ecology and management*, 168(1-3), 241-257. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(01\)00740-X](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(01)00740-X)
- Pennekamp, F., Pontarp, M., Tabi, A., Altermatt, F., Alther, R., Choffat, Y., Fronhofer, E. A., Ganesanandamoorthy, P., Garnier, A., Griffiths, J. I., Greene, S., Horgan, K., Massie, T. M., Mächler, E., Palamara, G. M., Seymour, M., et Petchey, O. L. (2018). Biodiversity increases and decreases ecosystem stability. *Nature*, 563(7729), 109. <https://doi.org/10.1038/s41586-018-0627-8>
- Peyre, C. (1975). Contribution à l'étude de la végétation du Moyen Atlas oriental. Le versant sud oriental du massif du Bou Iblane. CNRS, Trav. de la RCP, 249, 97-142.
- Pribyl, D. W. (2010). A critical review of the conventional SOC to SOM conversion factor. *Geoderma*, 156(3-4), 75-83. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2010.02.003>
- Queney, P. (1974). Elements de meteorologie. Masson. Paris, 300 p.
- Quézel, P. (1957). Peuplement végétal des hautes montagnes de l'Afrique du Nord : Essai de synthèse biogéographique et phytosociologique. P. Lechevalier, Paris, 463 p.
- Quézel, P. (1976). Les forêts du pourtour méditerranéen. Forêts et maquis méditerranéens: écologie, conservation et aménagement. Note technique MAB, 2, 9-33.
- Quézel, P. (1979). «Matorrals» méditerranéens et «Chaparrals» californiens Quelques aspects comparatifs de leur dynamique, de leurs structures et de leur signification écologique. *Annales des sciences forestières*, 36(1), 1-12.
- Quézel, P. (1980). Biogéographie et écologie des conifères sur le pourtour méditerranéen. In. Person. Actualité d'écologie forestière. Ed. Bordas, Paris, 205-256.
- Quézel, P. (1985). Definition of the Mediterranean region and the origin of its flora. *Geobotany.agris.fao.org*, 9-24.
- Quézel, P. (1986). Les pins du groupe «Halepensis»: Écologie, végétation, écophysiologie. Options méditerranéennes. Paris, CIHEAM, Série Etudes (1986-I) : 11-24.
- Quézel, P. (1999). Biodiversité végétale des forêts méditerranéennes: Son évolution éventuelle d'ici trente ans. *Forêt méditerranéenne XX* (1), 3-8.
- Quézel, P. (2000). Réflexions sur l'évolution de la flore et de la végétation au Maghreb méditerranéen. Ibis Press Paris, 117 p.
- Quézel, P., et Barbero, M. (1990). Les forêts méditerranéennes problèmes posés par leur signification historique, écologique et leur conservation. 15, 145-17.

## Références bibliographiques

- Quézel, P., et Barbero, M. (1992). Le pin d'Alep et les espèces voisines : Répartition et caractères écologiques généraux, sa dynamique récente en France méditerranéenne. *Forêt méditerranéenne* XIII (3), 158-170.
- Quézel, P, Barbero, M., Benabid, A., et Rivas-martínez, S. (1992). Contribution à l'étude des groupements forestiers et pré-forestiers du Maroc Oriental. *Studia Botanica*, 10, 57-90.
- Quézel, P., et Médail, F. (2003). Ecologie et biogéographie des forêts du bassin méditerranéen, Coll. Environnement/Series Environmental, 576p.
- Rakotoarimanana, V., Gondard, H., Ranaivoarivelo, N., et Carriere, S. (2008). Influence du pâturage sur la diversité floristique, la production et la qualité fourragères d'une savane des Hautes Terres malgaches (région de Fianarantsoa). *Sécheresse*, 19(1), 39–46.
- Ramade, F. (2009). *Eléments d'écologie : Ecologie fondamentale*-4e édition. Dunod, 704 p.
- Rameau, J. C. (1988). Contribution phytoécologique et dynamique à l'étude des écosystèmes forestiers. Applications aux forêts du Nord-Est de la France. In *Annales des Sciences Forestières* (Vol. 45, No. 1, pp. 77-77). EDP Sciences.
- Raunkiaer, C. (1934). *The life forms of plants and statistical plant; being the collected papers of C. Raunkiaer*. Geography, Clarendon Press, Oxford, 632 p.
- Rhoades, C. C. (1996). Single-tree influences on soil properties in agroforestry : Lessons from natural forest and savanna ecosystems. *Agroforestry Systems*, 35(1), 71-94.  
<https://doi.org/10.1007/BF02345330>
- Rice, E. L. (1995). *Biological control of weeds and plant diseases : Advances in applied allelopathy*. University of Oklahoma Press, 439 p.
- Rigolot, E. (2008). Impact du changement climatique sur les feux de forêt. *Forêt méditerranéenne* XXIX (2), 167-176.
- Rivas-Martínez, S. (1994). Bioclimates classification system of the Earth. *Folia Botanica Madritensis* 12.
- Rodríguez, A. R., Mora, J. L., Arbelo, C., et Bordon, J. (2005). Plant succession and soil degradation in desertified areas (Fuerteventura, Canary Islands, Spain). *Catena*, 59(2), 117–131.<https://doi.org/117-131>. 10.1016/j.catena.2004.07.002
- Roose, E. (1994). Introduction à la gestion conservatoire de l'eau, de la biomasse et de la fertilité des sols (GCES). *Bulletin Pédologique de la FAO*, 70, 438 p.
- Ruffier-Lanche, R. (1964). Les plantes en coussinet. *Bulletin de la Société des Amateurs de Jardins Alpains*, IV(49), 3-13.
- Sabaoui, A. (1998). Rôle des inversions dans l'évolution mesocénozoïques du Moyen Atlas septentrional (Maroc) L'exemple de la transversale El Menzel- Ribat Al Khayr Boublane. Thèse Doct Etat Es-Sciences. Univ Mohammed V. Fac Sc Rabat.419 p.
- Sabaoui, Abdellah, Obda, K., et Laouane, M. (2009). Potentialités géologiques du développement local du Moyen Atlas septentrional : Structures, paysages et histoire géologique. *Geomaghreb* (5), 9-39.
- Salvatore, P., La Mantia, T., et Rühl, J. (2012). The impact of *Pinus halepensis* afforestation on Mediterranean spontaneous vegetation : Do soil treatment and canopy cover matter? *Journal of forestry research*, 23(4), 517-528. <https://doi.org/10.1007/s11676-012-0292-y>
- Sauer, T. J., James, D. E., Cambardella, C. A., et Hernandez-Ramirez, G. (2012). Soil properties following reforestation or afforestation of marginal cropland. *Plant Soil*, 360(1-2), 375-390.<https://doi.org/10.1007/s11104-012-1258-8>
- Schoenholtz, S. H., Van Miegroet, H., et Burger, J. A. (2000). A review of chemical and physical properties as indicators of forest soil quality : Challenges and opportunities. *Forest ecology and management*, 138(1-3), 335-356.[https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(00\)00423-0](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(00)00423-0)

## Références bibliographiques

- S.E.I. (2014). Société Environnement Ingénierie SARL. . Etude d'aménagement de la forêt de Beni Sohane. Rapport n°1. Haut Commissariat aux Eaux et Forêt et de la Lutte Contre la Desrtification de Fès- Boulmane. 41 p.
- SER. (2004). Society for Ecological Restoration international primer on ecological restoration, 13 p.
- Sevruk, B. (1997). Regional Dependency of Precipitation-Altitude Relationship in the Swiss Alps. In H. F. Diaz, M. Beniston, & R. S. Bradley (Éds.), *Climatic Change at High Elevation Sites* (p. 123- 137). Springer Netherlands. [https://doi.org/10.1007/978-94-015-8905-5\\_7](https://doi.org/10.1007/978-94-015-8905-5_7)
- Smith, R. B. (2006). Progress on the theory of orographic precipitation. *Special Papers- Geological Society Of America*(398),1-16.
- Tabachnick, B.G., et Fidell, L. (1989). Using multivariate statistics, (2nd ed.). New York : Harper Collins. Chapter 6 : Analysis of Covariance,167-200.
- Taibi, A., Hasnaoui, O., et Medjati, N. (2017a). Caractérisation biologique et biogéographique des Chamaeropaies dans les monts de Tlemcen (Algérie occidentale)/Biological and biogeographical Characterisation of Chamaeropaies in the mounts of Tlemcen (western Algeria). *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 19(3), 648-653.
- Taibi, A., Hasnaoui, O., et Cherif, I. (2017b). Etude édaphique des groupements à Chamaerops humilis dans les monts de Traras (Algérie occidentale)/Edaphic study of the groups at Chamaerops humilis in the mounts of Traras (Western Algeria). *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 20(2), 488-492.
- Tarhouni, M., Ben Hmida, W., Ouled Belgacem, A., Louhaichi, M., et Neffati, M. (2017). Is long-term protection useful for the regeneration of disturbed plant communities in dry areas? *African journal of ecology*, 55(4), 509-517. <https://doi.org/10.1111/aje.12381>
- Thouret, J.-C. (1984). Pour une perspective géographique de l'étagement dans les grands systèmes montagneux. *Revue de Géographie Alpine*, 72(2), 189-212. <https://doi.org/10.3406/rga.1984.2564>
- Van Hees, P. A., Jones, D. L., Jentschke, G., et Godbold, D. L. (2005). Organic acid concentrations in soil solution : Effects of young coniferous trees and ectomycorrhizal fungi. *Soil Biology and Biochemistry*, 37(4), 771-776. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2004.10.009>
- Vennetier, M., Ladier, J., et Rey, F. (2014). Le contrôle de l'érosion des sols forestiers par la végétation face aux changements globaux. *Revue Forestière Française, Ecole nationale du génie rural*, 66 (4), 15 p.
- Visser, M. N. (2003). Produire des semences autochtones pour rehabiliter des terres degradees : Le cas de *Stipa lagascae* R. et Sch. en Tunisie Presaharienne. Thèse de doctortat (PhD), université de Gent, 374 p.
- Wahid, N., Joudire, H., Lamhamedi, M. S., El Abidine, A. Z., et Boulli, A. (2010). Évaluation de la structure et de la variabilité génétiques des populations naturelles du pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.) au Maroc à l'aide de marqueurs isoenzymatiques. *Acta Botanica Gallica*, 157(3), 419-431. <https://doi.org/10.1080/12538078.2010.10516219>
- Williams, B. G., et Baker, G. C. (1982). An electromagnetic induction technique for reconnaissance surveys of soil salinity hazards. *Soil Research*, 20(2), 107-118. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2019.01.016>
- Yao, X., Wu, J., Gong, X., Lang, X., Wang, C., Song, S., & Ali Ahmad, A. (2019). Effects of long term fencing on biomass, coverage, density, biodiversity and nutritional values of vegetation community in an alpine meadow of the Qinghai-Tibet Plateau. *Ecological Engineering*, 130, 80- 93. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2019.01.016>

# **ANNEXES**

---

Annexes

**Annexe 1 : Tables floristiques**

Annexe 1 1 : Table floristique du groupe de relevés d'altitude

Relevés	Rz 1	Rz 2	Rz3	Rz 4	Rz 5	Rz 6	Rz 7	Rz 8
Dates	26/05/2016	26/05/2017	26/05/2018	26/05/2019	26/05/2020	26/05/2021	26/05/2022	26/05/2023
Coordonnées géographiques	33,78462° -4,20608°	33, 78428° -4, 20593°	33, 78413° -4, 20588°	33,78306° -4, 20565°	33,78762° -4,21052°	33,79082° -4, 21018°	33,79701° -4, 20900°	33,79719° -4, 20903°
Superficie des relevés (m <sup>2</sup> )	400	400	400	400	400	400	400	400
Altitude ( m)	1810	1866	1881	1900	1634	1505	1397	1391
Pente (%)	47%	49%	47%	53%	53%	45%	40%	25%
Exposition	N	NW	NW	NW	N	N	N	N
<i>Aegilops neglecta</i> Bertol						1	1	1
<i>Ajuga pseudoiva</i> DC.							1	+
<i>Alyssum alyssoides</i> (L.) L.				+		+		
<i>Alyssum spinosum</i> L.				2	1			
<i>Anacyclus clavatus</i> (Desf.) Pers.						1	1	1
<i>Anchusa italica</i> Retz.								
<i>Andryala integrifolia</i> L.								
<i>Anisantha madritensis</i> (L.) Nevski							+	
<i>Anisantha rubens</i> (L.) Nevski.								1
<i>Anthyllis vulneraria</i> L.								
<i>Anthyllis vulneraria</i> subsp.. maura (G. Beck) Maire								
<i>antirrhinum barrelieri</i> Boreau								
<i>Arabis verna</i> (L.) R. Br.			+					
<i>Arenaria pomelii</i> Munby	+							
<i>Arenaria purgens</i> Lag.								
<i>Asperula hirsuta</i> Desf.								
<i>Asphodelus cerasiferus</i> J.Gay	+	1	1					
<i>Astragalus armatus</i> Willd.	+	+	1	1	1			
<i>Astragalus solandri</i> Lowe								1
<i>Atractylis cancellata</i> L.								+

Annexes

Relevés	Rz 1	Rz 2	Rz3	Rz 4	Rz 5	Rz 6	Rz 7	Rz 8
<i>Avena Barbara</i> Link.								+
<i>Berberis hispanica</i> Boiss. & Reut.	+		+					
<i>Biscutella didyma</i> L.							+	
<i>Bombycilaena discolor</i> (Pers.) M. Lainz								
<i>Brachypodium atlanticum</i> Dobignard								
<i>Brachypodium distachyon</i> (L.) P. Beauv.						+		
<i>Bromus scoparius</i> L.					+	1		
<i>Bunium Bulbocastanum</i> L.								
<i>Bupleurum spinosum</i> L.		2	1	2	2	+	+	
<i>Carduus ballii</i> Hook. f.							+	+
<i>Carduus pycnocephalus</i> L.								+
<i>Carlina brachylepis</i> (Batt.) Meusel & Kästner						+		
<i>Catananche caerulea</i> L.								
<i>Cedrus atlantica</i> (Endl.) Batt. & Trabut	3	3	4	3	2			
<i>Centaurea pullata</i> L.						+		
<i>Centaurea calcitrapa</i> L.								
<i>Centaurea involucrata</i> Desf.								
<i>Cerastium gibraltarium</i> Boiss.	1		1	+				
<i>Chamaerops humilis</i> L.								+
<i>Convolvulus arvensis</i> L.								
<i>Convolvulus althaeoides</i> L.								+
<i>Convolvulus sabatius</i> subsp. <i>mauritanicus</i> (Boiss.) Murb.								1
<i>Crataegus orientalis</i> Bieberstein	+		+					
<i>Cynoglossum clandestinum</i> Desf.		+						
<i>Cytisus purgans</i> subsp. <i>balansea</i> (Boiss.) Maire	1		1	1				
<i>Dactylis glomerata</i> L.	1		1		1			
<i>Echinaria capitata</i> (L.) Desf.						1		
<i>Erodium cicutarium</i> (L.) L'Hér.								



Annexes

Relevés	Rz 1	Rz 2	Rz3	Rz 4	Rz 5	Rz 6	Rz 7	Rz 8
<i>Eryngium campestre</i> L.								
<i>Erysimum grandiflorum</i> Desf.				+	+			
<i>Filago pygmaea</i> L.						1	1	1
<i>Filago pyramidata</i> L.							1	+
<i>Galium aparine</i> L.	+							
<i>Geranium molle</i> L.							+	+
<i>Hedypnois rhagadioloides</i> (L.) F.W. Schmidt								
<i>Helictochloa bromoides</i> (Gouan) Romero Zarco		+				+		
<i>Hypochaeris achyrophorus</i>								
<i>Hypochaeris radicata</i> L.								
<i>Juniperus oxycedrus</i> L.	1	+	+	+	+		3	
<i>Juniperus thurifera</i> L.	1	1	1	+	+			
<i>Lamium hybridum</i> Vill.					+			
<i>Leontodon saxatilis</i> Lam.						+		
<i>Linaria micrantha</i> (Cav.) Hoffmanns. & Link								+
<i>Linaria tristis</i> subsp. <i>pectinata</i> (Pau & Font Quer) Maire	1	1						+
<i>Lolium rigidum</i> Gaudin.								+
<i>Malva sylvestris</i> L.								1
<i>Marrubium ayardii</i> Maire		+						
<i>Marrubium vulgare</i> L.								
<i>Matthiola fruticulosa</i> (L.) Maire							+	
<i>Medicago minima</i> (L.) L.								
<i>Medicago suffruticosa</i> DC.	1	1	+	+	1			
<i>Medicago truncatula</i> Gaertner.					+			
<i>Micropus supinus</i> L.								
<i>Orlaya daucoides</i> (L) Greuter	+							
<i>Ornithogalum kochii</i> Parl,	+	+						
<i>Papaver hybridum</i> L.								+

Annexes

Relevés	Rz 1	Rz 2	Rz3	Rz 4	Rz 5	Rz 6	Rz 7	Rz 8
Papaver rhoeas L.								
Paronychia chlorothyrsa Murb.								1
Phagnalon saxatile (L.) Cass.								+
Plantago coronopus L.								
Poa bulbosa L. subsp. bulbosa	1	1		+	1			
Prunus prostrata Labill.	+	+	+	+	+			
Quercus ilex.L	3	2	2		4	4		
Ribes uva crisper L.								
Rosa micrantha Sm. & Sow.				+				
Rumex bucephalophorus L.								1
Rumex thyrsoides Desf.								1
Satureja alpina (L) Scheele subsp. Meridionalis (Nyman) Greuter & Burdet	+		1	1				
Satureja baborensis (Batt.) Briq.					+	+		
Satureja rotundifolia (Pers.) Briq.						1	1	
Saxifraga dichotoma Willd.					+			
Scorzonera undulata Vahl.								
sedum forsterianum Sm.			1		+			
senecio leucanthemifolius Poiret				+				
silene colorata Poiret								
Teucrium campanulatum L.							+	
thlaspi arvense L.						+		
Thymus munbyanus subsp. ciliatus (Desf.) Greuter & Burdet						+		
Thymus munbyanus subsp. munbyanus (Boiss. & Reut) Batt.						1		1
Trifolium arvense L.								
Trifolium dubium Sibth.								
Trifolium stellatum L.				+		+		+

## Annexes

Relevés	Rz 1	Rz 2	Rz3	Rz 4	Rz 5	Rz 6	Rz 7	Rz 8
Tripodion tetraphyllum (L.) Fourr.								+
Tulipa silvestris L.								
Umbilicus rupestris (Salisb.) Dandy				+				
Urginea maritime (L.) Baker								
Valerianella discoida (L.) Loisel.							+	
Veronica rosea Desf.			+					
Vicia sativa subsp. nigra (L.) Ehrh.	+		+					
Vulpia myuros (L.) C.C.Gmel.								

### Coefficient d'Abondance - Dominance de **Braun Blanquet (1951)**

5 : Supérieur à 75%

4 : Compris entre 50% et 75%

3 : Compris entre 25% et 50%

2 : Compris entre 5% et 25%

1 : Inférieur à 5%

+ : Très peu abondant

r : Espèce très rare

## Annexes

### Annexe1.1 : Table floristique du groupe de relevés d'altitude (suite)

Relevés	Oxy 1	Oxy 2	Oxy3	Oxy 4	CH1	CH2	CH3	ST1	ST2	ST3	ST4
Dates	10/05/2017	10/05/2017	10/05/2017	10/05/2017	10/05/2017	10/05/2017	10/05/2017	10/05/2017	10/05/2017	10/05/2017	10/05/2017
Coordonnées géographiques	33, 79725° -4, 20914°	33, 79500° -4, 20914°	33, 79412° -4, 20818°	33, 79183° -4, 20916°	33, 78786° -4, 21081°	33, 78850° -4, 21071°	33, 78991° -4, 20955°	33, 78319° -4, 09949°	33, 78430° -4, 19975°	33,78475° -4, 19964°	33, 78543° -4, 19987°
Superficie des relevés (m <sup>2</sup> )	400	400	400	400	400	400	400	100	100	100	100
Altitude ( m)	1377	1415	1485	1539	1650	1620	1611	2006	1935	1913	1905
Pente (%)	16%	34%	38%	10%	13%	35%	23%	60%	55%	50%	48%
Exposition	N	N	NE	E	NW	NW	NW	N	E	EN	EN
<i>Aegilops neglecta</i> Bertol	1				1	+					
<i>Ajuga pseudoiva</i> DC.			+								
<i>Alyssum alyssoides</i> (L.) L.										1	1
<i>Alyssum spinosum</i> L.								1	1	2	1
<i>Anacyclus clavatus</i> (Desf.) Pers.	+	+	+	1	1		+				
<i>Anchusa italica</i> Retz.		+									
<i>Andryala integrifolia</i> L.			+								
<i>Anisantha madritensis</i> (L.) Nevski		+									
<i>Anisantha rubens</i> (L.) Nevski.											
<i>Anthyllis vulneraria</i> L.			+								
<i>Anthyllis vulneraria</i> subsp. <i>maura</i> (G. Beck) Maire					+						
<i>antirrhinum barrelieri</i> Boreau		+									
<i>Arabis verna</i> (L.) R. Br.											
<i>Arenaria pomelii</i> Munby										1	1
<i>Arenaria purgens</i> Lag.								1			
<i>Asperula hirsuta</i> Desf.					1	1	+				
<i>Asphodelus cerasiferus</i> J.Gay								+	+	+	+
<i>Astragalus armatus</i> Willd.				+				1	1	+	1
<i>Astragalus solandri</i> Lowe											
<i>Atractylis cancellata</i> L.											
<i>Avena Barbara</i> Link.											

## Annexes

Relevés	Oxy 1	Oxy 2	Oxy3	Oxy 4	CH1	CH2	CH3	ST1	ST2	ST3	ST4
<i>Berberis hispanica</i> Boiss. & Reut.		+	1	+							1
<i>Biscutella didyma</i> L.	+			+							
<i>Bombacilaena discolor</i> (Pers.) M. Lainz					+						
<i>Brachypodium atlanticum</i> Dobignard											+
<i>Brachypodium distachyon</i> (L.) P. Beauv.						1	1				
<i>Bromus scoparius</i> L.								1			
<i>Bunium Bulbocastanum</i> L.				+							
<i>Bupleurum spinosum</i> L.	1	2	1	+				2	1	2	1
<i>Carduus ballii</i> Hook. f.	+		+								
<i>Carduus pycnocephalus</i> L.		+									
<i>Carlina brachylepis</i> (Batt.) Meusel & Kästner				+		+	+				
<i>Catananche caerulea</i> L.						+					
<i>Cedrus atlantica</i> (Endl.) Batt. & Trabut										+	+
<i>Centaurea pullata</i> L.		+									
<i>Centaurea calcitrapa</i> L.			+	+							
<i>Centaurea involucrata</i> Desf.					+						
<i>Cerastium gibraltarium</i> Boiss.					+	+		1	+	1	1
<i>Chamaerops humilis</i> L.	+			+							
<i>Convolvulus arvensis</i> L.		+	+							+	+
<i>Convolvulus althaeoides</i> L.											
<i>Convolvulus sabatius</i> subsp. <i>mauritanicus</i> (Boiss.) Murb.	+	+	1								
<i>Crataegus orientalis</i> Bieberstein				+	+						+
<i>Cynoglossum clandestinum</i> Desf.		+	+								+
<i>Cytisus purgans</i> subsp. <i>balansea</i> (Boiss.) Maire								1	1	1	1
<i>Dactylis glomerata</i> L.											
<i>Echinaria capitata</i> (L.) Desf.					+	2	1				
<i>Erodium cicutarium</i> (L.) L'Hér.	+	+	+								

Annexes

Relevés	Oxy 1	Oxy 2	Oxy3	Oxy 4	CH1	CH2	CH3	ST1	ST2	ST3	ST4
<i>Eryngium campestre</i> L.	+										
<i>Erysimum grandiflorum</i> Desf.											
<i>Filago pygmaea</i> L.	1			1			1				
<i>Filago pyramidata</i> L.	1										
<i>Galium aparine</i> L.											
<i>Geranium molle</i> L.											
<i>Hedypnois rhagadioloides</i> (L.) F.W. Schmidt	1		+								
<i>Helictochloa bromoides</i> (Gouan) Romero Zarco						+					+
<i>Hypochaeris achyrophorus</i>	+										
<i>Hypochaeris radicata</i> L.			+								
<i>Juniperus oxycedrus</i> L.	1	3	1	3	+	+	3			+	+
<i>Juniperus thurifera</i> L.										+	+
<i>Lamium hybridum</i> Vill.											
<i>Leontodon saxatilis</i> Lam.	1										
<i>Linaria micrantha</i> (Cav.) Hoffmanns. & Link											
<i>Linaria tristis</i> subsp. <i>pectinata</i> (Pau & Font Quer) Maire				+				+		+	1
<i>Lolium rigidum</i> Gaudin.											
<i>Malva sylvestris</i> L.											
<i>Marrubium ayardii</i> Maire								1	+		+
<i>Marrubium vulgare</i> L.	+										
<i>Matthiola fruticulosa</i> (L.) Maire											
<i>Medicago minima</i> (L.) L.					+						
<i>Medicago suffruticosa</i> DC.				+						+	1
<i>Medicago truncatula</i> Gaertner.		1		+	+						
<i>Micropus supinus</i> L.		1									
<i>Orlaya daucoides</i> (L) Greuter											
<i>Ornithogalum kochii</i> Parl,	+				+	+	+				+

Annexes

Relevés	Oxy 1	Oxy 2	Oxy3	Oxy 4	CH1	CH2	CH3	ST1	ST2	ST3	ST4
Papaver hybridum L.											
Papaver rhoeas L.	+										
Paronychia chlorothyrsa Murb.	+	+				+					
Phagnalon saxatile (L.) Cass.											
Plantago coronopus L.				1							
Poa bulbosa L. subsp. bulbosa			+	1	+		+	1	1	1	1
Prunus prostrata Labill.				1				+	+		
Quercus ilex.L		2	2	3	4	5	4				
Ribes uva crispa L.								+	+		
Rosa micrantha Sm. & Sow.										+	
Rumex bucephalophorus L.											
Rumex thyrsoides Desf.		1	+				1				
Satureja alpina (L) Scheele subsp. Meridionalis (Nyman) Greuter & Burdet											+
Satureja baborensis (Batt.) Briq.					1		1	+	+		
Satureja rotundifolia (Pers.) Briq.		1		2	1	1	1				
Saxifraga dichotoma Willd.											
Scorzonera undulata Vahl.	+										
sedum forsterianum Sm.						+				+	+
senecio leucanthemifolius Poiret										+	
silene colorata Poiret	+										
Teucrium campanulatum L.											
thlaspi arvense L.											
Thymus munbyanus subsp. ciliatus (Desf.) Greuter & Burdet											
Thymus munbyanus subsp. munbyanus (Boiss. & Reut) Batt.	+	1	+				+				
Trifolium arvense L.						+					
Trifolium dubium Sibth.					+						

### Annexes

Relevés	Oxy 1	Oxy 2	Oxy3	Oxy 4	CH1	CH2	CH3	ST1	ST2	ST3	ST4
Trifolium stellatum L.	+	+	+		+	+	1				
Tripodion tetraphyllum (L.) Fourr.		1									
Tulipa silvestris L.											+
Umbilicus rupestris (Salisb.) Dandy					+			+	+		
Urginea maritime (L) Baker			1								
Valerianella discoida (L.) Loisel.											
Veronica rosea Desf.									+		
Vicia sativa subsp. nigra (L.) Ehrh.											
Vulpia myuros (L.) C.C.Gmel.							1				



## Annexes

### Annexe 1.2 : Table floristique du groupe de relevés de la forêt Beni Sohane

Relevés	BS1	BS2	BS3	BS4	BS5	BS6	BS7	BS8	BS9	BS10
Dates	05/05/2015	05/05/2015	05/05/2015	06/05/2015	06/05/2015	06/05/2015	06/05/2015	08/05/2015	08/05/2015	08/05/2015
Coordonnées géographiques	33, 83897° -4, 28037°	33, 83871° -4, 28019°	33, 83865° -4, 28012°	33, 83821° -4, 32011°	33, 83725° -4, 32009°	33, 83695° -4, 32016°	33, 83590° -4, 32004°	33, 75957° -4, 28761°	33, 75997° -4, 28682°	33, 75831° -4, 28450°
Superficie des relevés (m <sup>2</sup> )	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400
Altitude ( m)	977	961	981	971	951	985	983	967	909	979
Pente (%)	28%	27%	6%	9%	6%	15%	15%	16%	25%	5%
Exposition	N	NW	NE	NE	NE	NW	NW	NE	W	W
<i>Aegilops neglecta</i> Bertol						1	1			
<i>Ajuga pseudoiva</i> DC.						1				
<i>Althaea longiflora</i> Boisson.& Reuter							+			
<i>Allium</i> sp.						+				
<i>Ampelodesmos mauritanica</i> (Poir) Durand & Schinz		+		+	+		+	+	+	1
<i>Anacyclus clavatus</i> (Desf.) Pers.										+
<i>Anagalis arvensis</i> L.					+			+	1	
<i>Anagallis monelli</i> L. subsp. monelli										+
<i>Anarrhinum fruticosum</i> Desf.						+				
<i>Anarrhinum pedatum</i> Desf.								+	+	
<i>Anisantha madritensis</i> (L.) Nevski					+					
<i>Anisantha rubens</i> (L.) Nevski.	+									
<i>Anthylis cytisoides</i> L.										
<i>Aphyllanthes monospeliensis</i> L.									+	
<i>Arbutus unedo</i> L.										2
<i>Asparagus acutifolius</i> L.										
<i>Asperula hirsuta</i> Desf.	+		+							+
<i>Asteriscus aquaticus</i> (L.) Less.						+				
<i>Astragalus echinatus</i> Murray	+					+				
<i>Astragalus solandri</i> Lowe										
<i>Atractylis cancellata</i> L.						+				
<i>Avena Barbara</i> Link.		1								
<i>Blackstonia perfoliata</i> (L.) Huds.										
<i>Bombacilaena discolor</i> (Pers.) M. Lainz	+	1		+			1			
<i>Brachypodium phoenicoides</i> (L.) Roem. & Schult										
<i>Brachypodium retusum</i> (Pers.) P. Beauv.				+				1	1	1
<i>Bupleureum balanseae</i> Boiss. & Reut.						+				
<i>Calicotome villosa</i> (Poir) Link								+		1
<i>Campanula dichotoma</i> L.									+	
<i>Carex</i> sp.	+									
<i>Carlina racemosa</i> L.						+				
<i>Carthamus</i> sp.							+			

## Annexes

Relevés	BS1	BS2	BS3	BS4	BS5	BS6	BS7	BS8	BS9	BS10
Catananche caerulea L.						+				
Centaurea pullata L.	+									
Centaureum erythrea Rafn.		+			+	+		+		1
Chamaerops humilis L.	+	+			1	1	+		+	1
Cistus creticus L.	+	1	+	1	1	1	+	1	1	1
Cistus salviifolius L.	+	1	+	1	1	1	+	1	1	1
Cleonia lusitanica (L.) L.										+
Coronilla scorpioides (L.) Koch						+				
Crepis vesicaria L.							+			
Cytisus arboreus subsp. catalaunicus (Webb) Maire										
Dactylis glomerata L.										
delphinium sp.										1
Dipcadí serotinum (L.) Medik.										
Diploxys pitardiana Maire										
Ebenus pinnata L.	+	1	+	+	+	+	+		1	
Eryngium maroccanum Pitard.										
Euphorbia sulcata Loisel.				+						
Filago duriaei Lange			+					1	1	
Filago pyramidata L.				+						
Fumana scoparia Pomel										
Galium verrucosum Hudson										
Genista quadriflora Munby	2	1	+	1	2	1		+		
Geranium nanum cosson										+
Globularia alypum L.	1	1		1	2		1	1	+	
Hainardia cylindrica (Willd.) Greuter										
Hedera helix L.										
Hedypnois rhagadioloides (L.) F.W. Schmidt		+								
Hedysarum humile L.										
Helianthemum apenninum (L.) Miller										
Helianthemum croceum (Desf.) Pers.										
Helianthemum helianthemoides (Desf.) Grosser										
Helianthemum piliferum Boiss.	+								+	
Helianthemum syriacum (Jacq.) Dum. Cours.										
Hippocrepis maura Br.- BL. & Maire								+		
Hirschfeldia incana (L.) Lagrèze-Fossat			+							
Hypericum pubescens Boiss.										
Hypericum perforatum L.										
Hypericum tomentosum L.										
Hypochaeris achyrophorus	+	+	+	+				1	1	
Juncus sp.										

### Annexes

Relevés	BS1	BS2	BS3	BS4	BS5	BS6	BS7	BS8	BS9	BS10
<i>Juniperus phoenicea</i> L.	2	2						2	2	2
<i>Juniperus oxycedrus</i> L.	1	1	+	+	1			+		
<i>Leontodon</i> sp.										
<i>Linaria multicaulis</i> (L.) Miller										
<i>Linum strictum</i> L.	+	+			+	1		1		1
<i>Linum tenue</i> Desf.										
<i>Lolium rigidum</i> Gaudin.		1		+						1
<i>Lomelosia stellata</i> (L.) Raf.					+					
<i>Lonicera implexa</i> Aiton										
<i>Lonicera periclymenum</i> L.										
<i>Lotus longisiliquosus</i> R. Roem.										
<i>Lotus palustris</i> Willd.	+					+				
<i>Matthiola parviflora</i> (Schousboe) R.Br.							+			
<i>Medicago minima</i> (L.) L.										
<i>Medicago truncatula</i> Gaertner.										
<i>Neatostema apulum</i> (L.) I. M. Johnston			+							
<i>Olea europea</i> subsp. <i>olaester</i> (Hoffm.& Link) Negodi		1		+		2	1			1
<i>Ornithogalum narbonense</i> L.						+				
<i>Palenis spinosa</i> (L.) Cass.						+	1			
<i>Paronychia Arabica</i> (L.) DC.						+		+	+	
<i>Paronychia Argentea</i> Lam.										
<i>Phagnalon rupestre</i> (L.) DC.			+		+			+	1	+
<i>Phyllyrea angustifolia</i> L.	1	1		1	1			1	1	1
<i>Pinus halepensis</i> Miller			3	3	2					
<i>Pistacia lentiscus</i> L.	1			2	1	+	+	2	1	2
<i>Plantago lagopus</i> L.										
<i>Polygala monspeliaca</i> L. <i>monspeliensis</i> L.	+					+				
<i>Polygala rupestris</i> Pourr.										
<i>Quercus ilex</i> L.		3	+	+	3	3	1	3	3	3
<i>Rhamnus</i> sp.										
<i>Rhaponticum acaule</i> var. <i>ochroleucum</i> Maire										
<i>Rhodanthemum gayanum</i> (Coss.& Dur.) B. H. Wilcox & al.										
<i>Rubus ulmifolius</i> Schott.										
<i>Satureja nepeta</i> (L.) Scheele									+	
<i>Scolymus hispanicus</i> L.			+		+					
<i>Scorpius muricatus</i> L.								1		
<i>Scorzoneroïdes muelleri</i> Greuter & Galavera					1					
<i>Sedum album</i> L.										
<i>Sedum sediforme</i> (Jacq.) Pau								+	+	+

Annexes

Relevés	BS1	BS2	BS3	BS4	BS5	BS6	BS7	BS8	BS9	BS10
Staehelina dubia L.	+									
Stipa capensis Thunb.						1	+			
Stipa tenacissima L.	+	+						+		
Stoibrax dichotomum (L.) Rafin										
Tetraclinis articulata (Vahl) Masters										
Teucrium capitatum L.										
Teucrium fruticans L.										+
Teucrium pseudo chamaepitys L.										
Thapsia villosa L.										
Thymelaea argentata (Lam.) Pau										
Thymus munbyanus subsp. ciliatus (Desf.) Greuter & Burdet		+		+		1	+	1	1	
Thymus munbyanus subsp. munbyanus (Boiss. & Reut) Batt.										
Trachynia distachya (L.) Link			+							
Trifolium campestre Schreber		+						+		+
Trifolium stellatum L.						+	+			
Tripodion tetraphyllum (L.) Fourr.										
Urginea maritime (L) Baker									+	
Valerianella coronota (L.) DC.								1	+	
Valerianella multidentata Loscos & Pardo.						+				
Verbascum sp.							+			
Vulpia bromoides (L.) Gray										
Vulpia litardiereana (Maire) A. Camus										

## Annexes

### Annexe 1.2: Table floristique du groupe de relevés de la forêt Beni Sohane (suite)

Relevés	BS11	BS12	BS13	BS14	BS15	BS16	BS17	BS18	BS19	BS20
Dates	08/05/2015	08/05/2015	08/05/2015	08/05/2015	27/05/2016	27/05/2016	27/05/2016	27/05/2016	27/05/2016	27/05/2016
Coordonnées géographiques	33, 75884° -4, 28449°	33, 76813° -4, 30436°	33, 77199° -4, 31521°	33, 77479° -4, 32761°	33, 83005 -4, 29003	33, 83057 -4, 90071	33, 83067 -4, 9009	33, 81245 -4, 9693	33,81572 -4,29591	33,82153 -4,29500
Superficie des relevés (m <sup>2</sup> )	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400
Altitude ( m)	998	881	906	849	932	919	919	875	879	906
Pente (%)	5%	12%	38%	17%	4%	8%	9%	8%	4%	5%
Exposition	S	S	S	S	EN	WS	S	W	S	S
<i>Aegilops neglecta</i> Bertol										
<i>Ajuga pseudoiva</i> DC.										
<i>Althaea longiflora</i> Boisson.& Reuter										
Allium sp.										
<i>Ampelodesmos mauritanica</i> (Poir) Durand & Schinz	1	1	+			1	+	+	+	1
<i>Anacyclus clavatus</i> (Desf.) Pers.										
<i>Anagalis arvensis</i> L.		+					+		+	
<i>Anagallis monelli</i> L. subsp. monelli							+			
<i>Anarrhinum fruticosum</i> Desf.										
<i>Anarrhinum pedatum</i> Desf.										
<i>Anisantha madritensis</i> (L.) Nevski					1		1	+	+	
<i>Anisantha rubens</i> (L.) Nevski.			1							
<i>Anthylis cytisoides</i> L.	+	1	+	+						
<i>Aphyllanthes monspeliensis</i> L.										
<i>Arbutus unedo</i> L.	+	1								
<i>Asparagus acutifolius</i> L.										
<i>Asperula hirsuta</i> Desf.										
<i>Asteriscus aquaticus</i> (L.) Less.							1			
<i>Astragalus echinatus</i> Murray		+								
<i>Astragalus solandri</i> Lowe		+				+				
<i>Atractylis cancellata</i> L.										
<i>Avena Barbara</i> Link.										
<i>Blackstonia perfoliata</i> (L.) Huds.									+	
<i>Bombacilaena discolor</i> (Pers.) M. Lainz		1	1	1	1	+	1	+	+	
<i>Brachypodium phoenicoides</i> (L.) Roem. & Schult				+						
<i>Brachypodium retusum</i> (Pers.) P. Beauv.	1	+								
<i>Bupleureum balanseae</i> Boiss. & Reut.										
<i>Calicotome villosa</i> (Poir) Link							+			
<i>Campanula dichotoma</i> L.		1								
Carex sp.										
<i>Carlina racemosa</i> L.										
<i>Carthamus</i> sp.										

## Annexes

Relevés	BS11	BS12	BS13	BS14	BS15	BS16	BS17	BS18	BS19	BS20
Catananche caerulea L.					1					
Centaurea pullata L.										
Centaureum erythrea Rafn.	1			1			1		1	+
Chamaerops humilis L.		+	1	1	+	+	+			1
Cistus creticus L.	1	1		1	+	+	2	2	1	1
Cistus salviifolius L.	1	1		1	+	+	1	1	+	+
Cleonia lusitanica (L.) L.	1									
Coronilla scorpioides (L.) Koch										
Crepis vesicaria L.										
Cytisus arboreus subsp. catalaunicus (Webb) Maire										
Dactylis glomerata L.								+		
delphinium sp.										
Dipcadi serotinum (L.) Medik.										
Diplotaxis pitardiana Maire										
Ebenus pinnata L.			1	1	+	+				
Eryngium maroccanum Pitard.										
Euphorbia sulcata Loisel.										
Filago duriaei Lange	+									
Filago pyramidata L.	1						+	+	+	
Fumana scoparia Pomel										
Galium verrucosum Hudson										
Genista quadriflora Munby				+		+	1	1	1	1
Geranium nanum cosson										
Globularia alypum L.	1	1	1	1	+	+	1	1	1	2
Hainardia cylindrica (Willd.) Greuter										
Hedera helix L.										
Hedypnois rhagadioloides (L.) F.W. Schmidt										
Hedysarum humile L.										
Helianthemum apenninum (L.) Miller										
Helianthemum croceum (Desf.) Pers.										
Helianthemum helianthemoides (Desf.) Grosser				+						
Helianthemum piliferum Boiss.				+						
Helianthemum syriacum (Jacq.) Dum. Cours.					+	+				+
Hippocrepis maura Br.- BL. & Maire										
Hirschfeldia incana (L.) Lagrèze-Fossat				+						
Hypericum pubescens Boiss.							+			
Hypericum perforatum L.	+									
Hypericum tomentosum L.					+	+				
Hypochaeris achrophorus	1	2	1	+	1	+	1	+	+	
Juncus sp.										

### Annexes

Relevés	BS11	BS12	BS13	BS14	BS15	BS16	BS17	BS18	BS19	BS20
<i>Juniperus phoenicea</i> L.	+	4	2	4			2	2	4	2
<i>Juniperus oxycedrus</i> L.				+	+		+			1
<i>Leontodon</i> sp.										
<i>Linaria multicaulis</i> (L.) Miller			1							
<i>Linum strictum</i> L.				+						
<i>Linum tenue</i> Desf.										
<i>Lolium rigidum</i> Gaudin.										
<i>Lomelosia stellata</i> (L.)Raf.		+								
<i>Lonicera implexa</i> Aiton										
<i>Lonicera periclymenum</i> L.										
<i>Lotus longisiliquosus</i> R. Roem.										
<i>Lotus palustris</i> Willd.										
<i>Matthiola parviflora</i> (Schousboe) R.Br.										
<i>Medicago minima</i> (L.) L.		+			1		1		+	
<i>Medicago truncatula</i> Gaertner.										
<i>Neatostema apulum</i> (L.) I. M. Johnston										
<i>Olea europea</i> subsp. <i>olaester</i> (Hoffm.& Link) Negodi		1								
<i>Ornithogalum narbonense</i> L.										
<i>Palenis spinosa</i> (L.) Cass.		+			1		+			
<i>Paronychia Arabica</i> (L.) DC.										
<i>Paronychia Argentea</i> Lam.								+	+	
<i>Phagnalon rupestre</i> (L.) DC.					+					
<i>Phyllyrea angustifolia</i> L.	1	1	1	+		1	1	1	1	1
<i>Pinus halepensis</i> Miller			4			4				
<i>Pistacia lentiscus</i> L.	1	1			2		1	2	2	1
<i>Plantago lagopus</i> L.								+		
<i>Polygala monspeliaca</i> L. <i>monspeliensis</i> L.										
<i>Polygala rupestris</i> Pourr.										
<i>Quercus ilex</i> .L	3				2	+	3			3
<i>Rhamnus</i> sp.								+		
<i>Rhaponticum acaule</i> var. <i>ochroleucum</i> Maire								1		
<i>Rhodanthemum gayanum</i> (Coss.& Dur.) B. H. Wilcox & al.								+		
<i>Rubus ulmifolius</i> Schott.										
<i>Satureja nepeta</i> (L.) Scheele										
<i>Scolymus hispanicus</i> L.										
<i>Scorpius muricatus</i> L.	+		+							
<i>Scorzoneroides muelleri</i> Greuter & Galavera										
<i>Sedum album</i> L.										
<i>Sedum sediforme</i> (Jacq.) Pau			+							

Annexes

Relevés	BS11	BS12	BS13	BS14	BS15	BS16	BS17	BS18	BS19	BS20
<i>Staehelina dubia</i> L.										
<i>Stipa capensis</i> Thunb.				+	3		1	+		
<i>Stipa tenacissima</i> L.					+					
<i>Stoibrax dichotomum</i> (L.) Rafin		+								
<i>Tetraclinis articulata</i> (Vahl) Masters										
<i>Teucrium capitatum</i> L.	+		+				1			
<i>Teucrium fruticans</i> L.										
<i>Teucrium pseudo chamaepitys</i> L.			+				1	+	+	
<i>Thapsia villosa</i> L.										
<i>Thymelaea argentata</i> (Lam.) Pau										
<i>Thymus munbyanus</i> subsp. <i>ciliatus</i> (Desf.) Greuter & Burdet		1	1	1			1			
<i>Thymus munbyanus</i> subsp. <i>munbyanus</i> (Boiss. & Reut) Batt.					1	+	1		1	1
<i>Trachynia distachya</i> (L.) Link										
<i>Trifolium campestre</i> Schreber	1								1	
<i>Trifolium stellatum</i> L.										
<i>Tripodion tetraphyllum</i> (L.) Fourr.	+						1	+	+	+
<i>Urginea maritime</i> (L) Baker			+							
<i>Valerianella coronota</i> (L.) DC.	1									
<i>Valerianella multidentata</i> Loscos & Pardo.										
<i>Verbascum</i> sp.										
<i>Vulpia bromoides</i> (L.) Gray		2	2							
<i>Vulpia litardiereana</i> (Maire) A. Camus								+		



## Annexes

**Annexe 1.2 : Table floristique du groupe de relevés de la forêt Beni Sohane (suite)**

Relevés	BS21	BS22	BS23	BS24	BS25	BS26	BS27	BS28	BS29	BS30
Dates	27/05/2016	27/05/2016	27/05/2016	27/05/2016	27/05/2016	29/05/2016	29/05/2016	29/05/2016	29/05/2016	29/05/2016
Coordonnées géographiques	33,82345 -4,29427	33,82846 -4,29309	33,83131 -4,29214	33,83189 -4,29184	33,83254 -4,29167	33,76955° -4,31794°	33,76916° -4,31809°	33,76904° -4,31876°	33,76814° -4,31919°	33,77278° -4,31258°
Superficie des relevés (m <sup>2</sup> )	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400
Altitude ( m )	908	912	920	918	921	858	878	878	901	932
Pente (%)	5%	3%	6%	10%	10%	7%	23%	27%	32%	15%
Exposition	S	SE	S	SW	W	NW	S	ES	ES	S
<i>Aegilops neglecta</i> Bertol										
<i>Ajuga pseudoiva</i> DC.										
<i>Althaea longiflora</i> Boisson.& Reuter										
Allium sp.										
<i>Ampelodesmos mauritanica</i> (Poir) Durand & Schinz	1					+	+	+	+	+
<i>Anacyclus clavatus</i> (Desf.) Pers.										
<i>Anagalis arvensis</i> L.										
<i>Anagallis monelli</i> L. subsp. monelli										
<i>Anarrhinum fruticosum</i> Desf.										
<i>Anarrhinum pedatum</i> Desf.										
<i>Anisantha madritensis</i> (L.) Nevski										
<i>Anisantha rubens</i> (L.) Nevski.										
<i>Anthylis cytisoides</i> L.										
<i>Aphyllanthes monspeliensis</i> L.										
<i>Arbutus unedo</i> L.						+				
<i>Asparagus acutifolius</i> L.										
<i>Asperula hirsuta</i> Desf.			+							
<i>Asteriscus aquaticus</i> (L.) Less.										
<i>Astragalus echinatus</i> Murray										
<i>Astragalus solandri</i> Lowe										
<i>Attractylis cancellata</i> L.										
<i>Avena Barbara</i> Link.										
<i>Blackstonia perfoliata</i> (L.) Huds.										
<i>Bombycilaena discolor</i> (Pers.) M. Lainz			+							
<i>Brachypodium phoenicoides</i> (L.) Roem. & Schult										
<i>Brachypodium retusum</i> (Pers.) P. Beauv.						+			1	1
<i>Bupleureum balanseae</i> Boiss. & Reut.										
<i>Calicotome villosa</i> (Poir) Link			+	1						
<i>Campanula dichotoma</i> L.										
Carex sp.										
<i>Carlina racemosa</i> L.							+			
<i>Carthamus</i> sp.										

## Annexes

Relevés	BS21	BS22	BS23	BS24	BS25	BS26	BS27	BS28	BS29	BS30
Catananche caerulea L.										
Centaurea pullata L.										
Centaureum erythrea Rafn.					+	+	+	+		
Chamaerops humilis L.			+	1	1	1	1	1	+	1
Cistus creticus L.	1		+	1	1	1	1	1	1	1
Cistus salviifolius L.	+									
Cleonia lusitanica (L.) L.										
Coronilla scorpioides (L.) Koch										
Crepis vesicaria L.										
Cytisus arboreus subsp. catalaunicus (Webb) Maire										
Dactylis glomerata L.										
delphinium sp.										
Dipcadi serotinum (L.) Medik.										
Diploxys pitardiana Maire										
Ebenus pinnata L.		+	+	+				+		
Eryngium maroccanum Pitard.										
Euphorbia sulcata Loisel.										
Filago duriaei Lange										
Filago pyramidata L.								+		
Fumana scoparia Pomel										
Galium verrucosum Hudson										
Genista quadriflora Munby	1	1	1	1						
Geranium nanum cosson										
Globularia alypum L.	2	1	2	1	+	1	1	1	2	2
Hainardia cylindrica (Willd.) Greuter										
Hedera helix L.										
Hedypnois rhagadioloides (L.) F.W. Schmidt										
Hedysarum humile L.										
Helianthemum apenninum (L.) Miller										
Helianthemum croceum (Desf.) Pers.										
Helianthemum helianthemoides (Desf.) Grosser								+	+	+
Helianthemum piliferum Boiss.										
Helianthemum syriacum (Jacq.) Dum. Cours.			+			+	+	+		
Hippocrepis maura Br.- BL. & Maire										
Hirschfeldia incana (L.) Lagrèze-Fossat										
Hypericum pubescens Boiss.										
Hypericum perforatum L.										
Hypericum tomentosum L.										
Hypochaeris achyrophorus			+				+	1		
Juncus sp.										

Annexes

Relevés	BS21	BS22	BS23	BS24	BS25	BS26	BS27	BS28	BS29	BS30
<i>Juniperus phoenicea</i> L.	2				2	2	2	+	+	
<i>Juniperus oxycedrus</i> L.	1		+	1	+	+	+	+		
<i>Leontodon</i> sp.										
<i>Linaria multicaulis</i> (L.) Miller										
<i>Linum strictum</i> L.										
<i>Linum tenue</i> Desf.										
<i>Lolium rigidum</i> Gaudin.										
<i>Lomelosia stellata</i> (L.)Raf.										
<i>Lonicera implexa</i> Aiton										
<i>Lonicera periclymenum</i> L.										
<i>Lotus longisiliquosus</i> R. Roem.										
<i>Lotus palustris</i> Willd.										
<i>Matthiola parviflora</i> (Schousboe) R.Br.										
<i>Medicago minima</i> (L.) L.										
<i>Medicago truncatula</i> Gaertner.										
<i>Neatostema apulum</i> (L.) I. M. Johnston										
<i>Olea europea</i> subsp. <i>olaester</i> (Hoffm.& Link) Negodi				+						
<i>Ornithogalum narbonense</i> L.										
<i>Palenis spinosa</i> (L.) Cass.								+		
<i>Paronychia Arabica</i> (L.) DC.										
<i>Paronychia Argentea</i> Lam.										
<i>Phagnalon rupestre</i> (L.) DC.					+	+	+		+	+
<i>Phyllyrea angustifolia</i> L.	1				1	1	+	+	+	+
<i>Pinus halepensis</i> Miller		4	4	4	2	2	3		4	4
<i>Pistacia lentiscus</i> L.	1				1	1	1	4	+	+
<i>Plantago lagopus</i> L.										
<i>Polygala monspeliaca</i> L. <i>monspeliensis</i> L.										
<i>Polygala rupestris</i> Pourr.										
<i>Quercus ilex</i> .L	2	+	+	1	1	1	2	+		
<i>Rhamnus</i> sp.										
<i>Rhaponticum acaule</i> var. <i>ochroleucum</i> Maire										
<i>Rhodanthemum gayanum</i> (Coss.& Dur.) B. H. Wilcox & al.										
<i>Rubus ulmifolius</i> Schott.										
<i>Satureja nepeta</i> (L.) Scheele										
<i>Scolymus hispanicus</i> L.										
<i>Scorpius muricatus</i> L.										
<i>Scorzoneroides muelleri</i> Greuter & Galavera										
<i>Sedum album</i> L.										
<i>Sedum sediforme</i> (Jacq.) Pau										

Annexes

Relevés	BS21	BS22	BS23	BS24	BS25	BS26	BS27	BS28	BS29	BS30
<i>Staehelina dubia</i> L.										
<i>Stipa capensis</i> Thunb.		+	+							
<i>Stipa tenacissima</i> L.									+	
<i>Stoibrax dichotomum</i> (L.) Rafin										
<i>Tetraclinis articulata</i> (Vahl) Masters								+		+
<i>Teucrium capitatum</i> L.										
<i>Teucrium fruticans</i> L.										
<i>Teucrium pseudo chamaepitys</i> L.										
<i>Thapsia villosa</i> L.						+				
<i>Thymelaea argentata</i> (Lam.) Pau										
<i>Thymus munbyanus</i> subsp. <i>ciliatus</i> (Desf.) Greuter & Burdet										
<i>Thymus munbyanus</i> subsp. <i>munbyanus</i> (Boiss. & Reut) Batt.		+	+		+					
<i>Trachynia distachya</i> (L.) Link										
<i>Trifolium campestre</i> Schreber										
<i>Trifolium stellatum</i> L.										
<i>Tripodion tetraphyllum</i> (L.) Fourr.										
<i>Urginea maritime</i> (L) Baker						+	+	+		
<i>Valerianella coronota</i> (L.) DC.										
<i>Valerianella multidentata</i> Loscos & Pardo.										
<i>Verbascum</i> sp.										
<i>Vulpia bromoides</i> (L.) Gray										
<i>Vulpia litardiereana</i> (Maire) A. Camus										

## Annexes

**Annexe1.2 : Table floristique du groupe de relevés de la forêt Beni Sohane (suite)**

Relevés	BS31	BS32	BS33	BS34	BS35	BS36	BS37	BS38	BS39	BS40
Dates	29/05/2016	29/05/2016	29/05/2016	29/05/2016	25/05/2016	25/05/2016	25/05/2016	25/05/2016	25/05/2016	25/05/2016
Coordonnées géographiques	33, 77194° -4, 31290°	33, 77272° -4, 31785°	33, 78488° -4, 33208°	33, 78603° -4, 33819°	33, 85032° -4, 24996°	33, 84982° -4, 24960°	33, 84936° -4, 24976°	33, 84771° -4, 24986°	33, 84611° -4, 24887°	33, 84433° -4, 24835°
Superficie des relevés (m <sup>2</sup> )	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400
Altitude ( m)	905	860	854	860	1060	1067	1055	1002	995	983
Pente (%)	27%	28%	5%	7%	39%	44%	45%	27%	8%	5%
Exposition	S	SW	WN	WN	E	E	E	E	W	S
<i>Aegilops neglecta</i> Bertol					+					
<i>Ajuga pseudoiva</i> DC.										
<i>Althaea longiflora</i> Boisson.& Reuter										
<i>Allium</i> sp.										
<i>Ampelodesmos mauritanica</i> (Poir) Durand & Schinz	+					1	3	+	1	1
<i>Anacyclus clavatus</i> (Desf.) Pers.					+					
<i>Anagalis arvensis</i> L.			+	+						
<i>Anagallis monelli</i> L. subsp. monelli							+		+	
<i>Anarrhinum fruticosum</i> Desf.										
<i>Anarrhinum pedatum</i> Desf.										
<i>Anisantha madritensis</i> (L.) Nevski										
<i>Anisantha rubens</i> (L.) Nevski.					+	+				
<i>Anthylis cytisoides</i> L.										
<i>Aphyllanthes monspeliensis</i> L.										
<i>Arbutus unedo</i> L.									+	
<i>Asparagus acutifolius</i> L.										
<i>Asperula hirsuta</i> Desf.		+			+		+			
<i>Asteriscus aquaticus</i> (L.) Less.	+		+	+						
<i>Astragalus echinatus</i> Murray										
<i>Astragalus solandri</i> Lowe										
<i>Attractylis cancellata</i> L.						+				
<i>Avena Barbara</i> Link.										
<i>Blackstonia perfoliata</i> (L.) Huds.										
<i>Bombacilaena discolor</i> (Pers.) M. Lainz	+	+				+				
<i>Brachypodium phoenicoides</i> (L.) Roem. & Schult										
<i>Brachypodium retusum</i> (Pers.) P. Beauv.	1	+	+	+						
<i>Bupleureum balanseae</i> Boiss. & Reut.										
<i>Calicotome villosa</i> (Poir) Link										
<i>Campanula dichotoma</i> L.										
<i>Carex</i> sp.										
<i>Carlina racemosa</i> L.	+			1	+	+			+	
<i>Carthamus</i> sp.										

## Annexes

Relevés	BS31	BS32	BS33	BS34	BS35	BS36	BS37	BS38	BS39	BS40
Catananche caerulea L.										
Centaurea pullata L.										
Centaureum erythrea Rafn.	+		+	+	+	+	+		1	1
Chamaerops humilis L.	1	+	2	2	+	+	+	+	+	+
Cistus creticus L.	1				2	1	+	+	+	1
Cistus salviifolius L.					+	+	+	+	+	+
Cleonia lusitanica (L.) L.										
Coronilla scorpioides (L.) Koch										
Crepis vesicaria L.										
Cytisus arboreus subsp. catalaunicus (Webb) Maire										
Dactylis glomerata L.										
delphinium sp.										
Dipcadi serotinum (L.) Medik.										
Diploxys pitardiana Maire								+		
Ebenus pinnata L.										
Eryngium maroccanum Pitard.		+	+	+						
Euphorbia sulcata Loisel.										
Filago duriaei Lange										
Filago pyramidata L.	+									
Fumana scoparia Pomel										
Galium verrucosum Hudson										
Genista quadriflora Munby					1	1	1	3	1	+
Geranium nanum cosson										
Globularia alypum L.	2		+	+		1	1	1	1	1
Hainardia cylindrica (Willd.) Greuter							+			
Hedera helix L.										
Hedypnois rhagadioloides (L.) F.W. Schmidt										
Hedysarum humile L.										
Helianthemum apenninum (L.) Miller			+	+			+	+	+	+
Helianthemum croceum (Desf.) Pers.										
Helianthemum helianthemoides (Desf.) Grosser	+									
Helianthemum piliferum Boiss.										
Helianthemum syriacum (Jacq.) Dum. Cours.							+	+	+	+
Hippocrepis maura Br.- BL. & Maire										
Hirschfeldia incana (L.) Lagrèze-Fossat										
Hypericum pubescens Boiss.										
Hypericum perforatum L.										
Hypericum tomentosum L.										
Hypochaeris achyrophorus	+			+						
Juncus sp.										

Annexes

Relevés	BS31	BS32	BS33	BS34	BS35	BS36	BS37	BS38	BS39	BS40
<i>Juniperus phoenicea</i> L.		2	2	2						
<i>Juniperus oxycedrus</i> L.										+
<i>Leontodon</i> sp.							+			
<i>Linaria multicaulis</i> (L.) Miller										
<i>Linum strictum</i> L.										
<i>Linum tenue</i> Desf.					+					
<i>Lolium rigidum</i> Gaudin.										
<i>Lomelosia stellata</i> (L.)Raf.										
<i>Lonicera implexa</i> Aiton					+					
<i>Lonicera periclymenum</i> L.										
<i>Lotus longisiliquosus</i> R. Roem.							+			
<i>Lotus palustris</i> Willd.										
<i>Matthiola parviflora</i> (Schousboe) R.Br.										
<i>Medicago minima</i> (L.) L.										
<i>Medicago truncatula</i> Gaertner.										
<i>Neotostema apulum</i> (L.) I. M. Johnston										
<i>Olea europea</i> subsp. <i>olaester</i> (Hoffm.& Link) Negodi					+	1	+	+		
<i>Ornithogalum narbonense</i> L.										
<i>Palenis spinosa</i> (L.) Cass.										
<i>Paronychia Arabica</i> (L.) DC.										
<i>Paronychia Argentea</i> Lam.										
<i>Phagnalon rupestre</i> (L.) DC.	+							+		+
<i>Phyllyrea angustifolia</i> L.	+	+	+	+	2	2	1	1	1	1
<i>Pinus halepensis</i> Miller	3	4	4	3					2	4
<i>Pistacia lentiscus</i> L.	+	+	+	1	1	1	+	+	+	1
<i>Plantago lagopus</i> L.	+									
<i>Polygala monspeliaca</i> L. <i>monspeliensis</i> L.										
<i>Polygala rupestris</i> Pourr.										
<i>Quercus ilex</i> .L					3	3	3	2	+	2
<i>Rhamnus</i> sp.										
<i>Rhaponticum acaule</i> var. <i>ochroleucum</i> Maire										
<i>Rhodanthemum gayanum</i> (Coss.& Dur.) B. H. Wilcox & al.										
<i>Rubus ulmifolius</i> Schott.										
<i>Satureja nepeta</i> (L.) Scheele										
<i>Scolymus hispanicus</i> L.										
<i>Scorpius muricatus</i> L.										
<i>Scorzoneroides muelleri</i> Greuter & Galavera										
<i>Sedum album</i> L.										+
<i>Sedum sediforme</i> (Jacq.) Pau										

Annexes

Relevés	BS31	BS32	BS33	BS34	BS35	BS36	BS37	BS38	BS39	BS40
<i>Staehelina dubia</i> L.										
<i>Stipa capensis</i> Thunb.										
<i>Stipa tenacissima</i> L.	+					+	1	+	+	
<i>Stoibrax dichotomum</i> (L.) Rafin									+	
<i>Tetraclinis articulata</i> (Vahl) Masters	+									
<i>Teucrium capitatum</i> L.										
<i>Teucrium fruticans</i> L.					+		+		+	+
<i>Teucrium pseudo chamaepitys</i> L.	+									
<i>Thapsia villosa</i> L.										
<i>Thymelaea argentata</i> (Lam.) Pau										
<i>Thymus munbyanus</i> subsp. <i>ciliatus</i> (Desf.) Greuter & Burdet	+									
<i>Thymus munbyanus</i> subsp. <i>munbyanus</i> (Boiss. & Reut) Batt.	+					+	+		+	+
<i>Trachynia distachya</i> (L.) Link										
<i>Trifolium campestre</i> Schreber										
<i>Trifolium stellatum</i> L.										
<i>Tripodion tetraphyllum</i> (L.) Fourr.										
<i>Urginea maritime</i> (L) Baker	+			+						
<i>Valerianella coronota</i> (L.) DC.										
<i>Valerianella multidentata</i> Loscos & Pardo.										
<i>Verbascum</i> sp.										
<i>Vulpia bromoides</i> (L.) Gray				+						
<i>Vulpia litardiereana</i> (Maire) A. Camus										



## Annexes

**Annexe 1.2 : Table floristique du groupe de relevés de la forêt Beni Sohane (suite)**

Relevés	BS41	BS42	BS43	BS44	BS45	BS46	BS47	BS48	BS 49	BS50
Dates	25/05/2016	25/05/2016	25/05/2016	25/05/2016	25/05/2016	25/05/2016	25/05/2016	25/05/2016	08/05/2017	08/05/2017
Coordonnées géographiques	33, 84034° -4, 24720°	33, 83702° -4, 24624°	33, 83620° -4, 24572°	33, 83253° -4, 24040°	33, 83101° -4, 24041°	33, 83937° -4, 23803°	33, 83647° -4, 23774°	33, 83262° -4, 23604°	33, 77224° -4, 32744°	33, 77234° -4, 32671°
Superficie des relevés (m <sup>2</sup> )	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400
Altitude ( m )	964	947	961	949	977	1010	986	1046	863	870
Pente (%)	3%	5%	16%	48%	10%	3%	3%	5%	6%	8%
Exposition	E	W	S	W	WN	N	W	N	N	N
<i>Aegilops neglecta</i> Bertol										
<i>Ajuga pseudoiva</i> DC.										
<i>Althaea longiflora</i> Boisson.& Reuter										
<i>Allium</i> sp.										
<i>Ampelodesmos mauritanica</i> (Poir) Durand & Schinz	1	1	1	+	1	1	1			
<i>Anacyclus clavatus</i> (Desf.) Pers.										
<i>Anagalis arvensis</i> L.										
<i>Anagallis monelli</i> L. subsp. <i>monelli</i>						+				
<i>Anarrhinum fruticosum</i> Desf.										
<i>Anarrhinum pedatum</i> Desf.										
<i>Anisantha madritensis</i> (L.) Nevski				+						
<i>Anisantha rubens</i> (L.) Nevski.										
<i>Anthylis cytisoides</i> L.										
<i>Aphyllanthes monospeliensis</i> L.										
<i>Arbutus unedo</i> L.					1	1		1		+
<i>Asparagus acutifolius</i> L.										+
<i>Asperula hirsuta</i> Desf.							+	+		
<i>Asteriscus aquaticus</i> (L.) Less.										
<i>Astragalus echinatus</i> Murray										
<i>Astragalus solandri</i> Lowe										
<i>Atractylis cancellata</i> L.										
<i>Avena Barbara</i> Link.										
<i>Blackstonia perfoliata</i> (L.) Huds.										
<i>Bombacilaena discolor</i> (Pers.) M. Lainz				1						
<i>Brachypodium phoenicoides</i> (L.) Roem. & Schult										
<i>Brachypodium retusum</i> (Pers.) P. Beauv.				+			+		3	2
<i>Bupleureum balanseae</i> Boiss. & Reut.										
<i>Calicotome villosa</i> (Poir) Link										
<i>Campanula dichotoma</i> L.										
<i>Carex</i> sp.										
<i>Carlina racemosa</i> L.									+	+
<i>Carthamus</i> sp.										

## Annexes

Relevés	BS41	BS42	BS43	BS44	BS45	BS46	BS47	BS48	BS 49	BS50
Catananche caerulea L.										
Centaurea pullata L.										
Centaureum erythrea Rafn.	1	+	+	+	+	+	+	+		
Chamaerops humilis L.	1	1	2			2	1	+	+	+
Cistus creticus L.	1	1		+	1	1	+	1	+	+
Cistus salviifolius L.	+	+		+	1	1	+	1	+	+
Cleonia lusitanica (L.) L.										
Coronilla scorpioides (L.) Koch										
Crepis vesicaria L.										
Cytisus arboreus subsp. catalaunicus (Webb) Maire			+							
Dactylis glomerata L.										
delphinium sp.										
Dipcadi serotinum (L.) Medik.			+							
Diplotaxis pitardiana Maire	+					+				
Ebenus pinnata L.				+						
Eryngium maroccanum Pitard.										
Euphorbia sulcata Loisel.										
Filago duriaei Lange										
Filago pyramidata L.										
Fumana scoparia Pomel					+	+	+	+		
Galium verrucosum Hudson						+				
Genista quadriflora Munby	1	+		1	1	1	1	1	+	+
Geranium nanum cosson										
Globularia alypum L.	1	1	1	+	1	1	1	+	1	1
Hainardia cylindrica (Willd.) Greuter										
Hedera helix L.								+		
Hedypnois rhagadioloides (L.) F.W. Schmidt										
Hedysarum humile L.								+		
Helianthemum apenninum (L.) Miller	1	1	+							
Helianthemum croceum (Desf.) Pers.				+						
Helianthemum helianthemoides (Desf.) Grosser										
Helianthemum piliferum Boiss.										
Helianthemum syriacum (Jacq.) Dum. Cours.	+	+	+		+	+				
Hippocrepis maura Br.- BL. & Maire										
Hirschfeldia incana (L.) Lagrèze-Fossat										
Hypericum pubescens Boiss.										
Hypericum perforatum L.										
Hypericum tomentosum L.										
Hypochaeris achyrophorus										
Juncus sp.					+	+				

### Annexes

Relevés	BS41	BS42	BS43	BS44	BS45	BS46	BS47	BS48	BS 49	BS50
<i>Juniperus phoenicea</i> L.	2	2		2	2	2	4	2	2	2
<i>Juniperus oxycedrus</i> L.		1		1	1	1	+	1		
<i>Leontodon</i> sp.										
<i>Linaria multicaulis</i> (L.) Miller										
<i>Linum strictum</i> L.										
<i>Linum tenue</i> Desf.										
<i>Lolium rigidum</i> Gaudin.										
<i>Lomelosia stellata</i> (L.)Raf.										
<i>Lonicera implexa</i> Aiton										
<i>Lonicera periclymenum</i> L.									+	+
<i>Lotus longisiliquosus</i> R. Roem.										
<i>Lotus palustris</i> Willd.										
<i>Matthiola parviflora</i> (Schousboe) R.Br.										
<i>Medicago minima</i> (L.) L.										
<i>Medicago truncatula</i> Gaertner.						1				
<i>Neatostema apulum</i> (L.) I. M. Johnston										
<i>Olea europea</i> subsp. <i>olaester</i> (Hoffm.& Link) Negodi		+								
<i>Ornithogalum narbonense</i> L.										
<i>Palenis spinosa</i> (L.) Cass.										
<i>Paronychia Arabica</i> (L.) DC.			+							
<i>Paronychia Argentea</i> Lam.										
<i>Phagnalon rupestre</i> (L.) DC.	+		+	+	1	+	+	1		+
<i>Phyllyrea angustifolia</i> L.	1	1	1	1	1	1	+	+	1	1
<i>Pinus halepensis</i> Miller	3	3	3		1				4	4
<i>Pistacia lentiscus</i> L.	1	1	1	+	1	1	+	+	1	1
<i>Plantago lagopus</i> L.									+	
<i>Polygala monspeliaca</i> L. <i>monspeliensis</i> L.										
<i>Polygala rupestris</i> Pourr.					+					
<i>Quercus ilex</i> .L	3	2		3	3	2	3	3	3	3
<i>Rhamnus</i> sp.										
<i>Rhaponticum acaule</i> var. <i>ochroleucum</i> Maire										
<i>Rhodanthemum gayanum</i> (Coss.& Dur.) B. H. Wilcox & al.										
<i>Rubus ulmifolius</i> Schott.								+		
<i>Satureja nepeta</i> (L.) Scheele										
<i>Scolymus hispanicus</i> L.										
<i>Scorpius muricatus</i> L.										
<i>Scorzoneroides muelleri</i> Greuter & Galavera										
<i>Sedum album</i> L.			+	+		+	+			
<i>Sedum sediforme</i> (Jacq.) Pau										

Annexes

Relevés	BS41	BS42	BS43	BS44	BS45	BS46	BS47	BS48	BS 49	BS50
<i>Staehelina dubia</i> L.										
<i>Stipa capensis</i> Thunb.										
<i>Stipa tenacissima</i> L.	+	+								
<i>Stoibrax dichotomum</i> (L.) Rafin										
<i>Tetraclinis articulata</i> (Vahl) Masters								2		
<i>Teucrium capitatum</i> L.										+
<i>Teucrium fruticans</i> L.	+	+		+			+	+		
<i>Teucrium pseudo chamaepitys</i> L.										
<i>Thapsia villosa</i> L.				+						
<i>Thymelaea argentata</i> (Lam.) Pau								+		
<i>Thymus munbyanus</i> subsp. <i>ciliatus</i> (Desf.) Greuter & Burdet			+	1	1	+	+	1		
<i>Thymus munbyanus</i> subsp. <i>munbyanus</i> (Boiss. & Reut) Batt.		+	1	+	1	+				
<i>Trachynia distachya</i> (L.) Link										
<i>Trifolium campestre</i> Schreber										
<i>Trifolium stellatum</i> L.										
<i>Tripodion tetraphyllum</i> (L.) Fourr.										
<i>Urginea maritime</i> (L) Baker										
<i>Valerianella coronota</i> (L.) DC.										
<i>Valerianella multidentata</i> Loscos & Pardo.										
<i>Verbascum</i> sp.										
<i>Vulpia bromoides</i> (L.) Gray										
<i>Vulpia litardiereana</i> (Maire) A. Camus										

## Annexes

**Annexe1.3 : Table floristique du groupe de relevés des parcelles oléicoles mises en défens**

Relevés	O 1	O2	O3	O4	O5	O6	O7	O8	O9	O10
Dates	02/05/2015	02/05/2015	02/05/2015	04/05/2015	04/05/2015	04/05/2015	04/05/2015	04/05/2015	04/05/2015	04/05/2015
Coordonnées géographiques	33,84053° -4,32397°	33,84062° -4,32429°	33,84067° -4,32442°	33,83381° -4,32264°	33,84210° -4,32299°	33,84786° -4,32280°	33,84790° -4,32285°	33,83476° -4,32327°	33,83504° -4,32030°	33,83551° -4,326397°
Superficie des relevés (m <sup>2</sup> )	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Altitude ( m)	973	979	976	945	943	940	940	929	947	939
Pente (%)	7%	3%	5%	37%	18%	5%	4%	32%	41%	4%
Exposition	NW	NW	SE	N	N	W	W	W	W	E
<i>Adonis aestivalis</i> (L.)										
<i>Aegilops neglecta</i> Bertol					+	1				
<i>Ajuga iva</i> (L.) Schreber		+								
<i>Ajuga pseudoiva</i> DC.										
<i>Allium</i> sp.									+	
<i>Althaea longiflora</i> Boisson.& reuter	1					+				1
<i>Alyssum alyssoides</i> (L.) L.								+		
<i>Ammoides pusilla</i> ( Brot.) Breistr	1			1	+			1		
<i>Anacyclus clavatus</i> (Desf.) Pers.	3	3			3	3				
<i>Anagalis arvensis</i> L.	+	+				1		1		
<i>Anagallis monelli</i> L. subsp. monelli					+				1	
<i>Anarrhinum fruticosum</i> Desf.			+							
<i>Anchusa italica</i> retz.										+
<i>Andryala integrifolia</i> L.										
<i>Anisantha madritensis</i> (L.) Nevski			1	+						
<i>Anisantha rubens</i> (L.) Nevski.		1	1					2	1	
<i>Anthylis cytisoides</i> L.									+	
<i>Anthyllis vulneraria</i> L.										
<i>Antirrhinum siculum</i> Miller										
<i>Argyrolobium zanonii</i> ( Turra ) P.W.Ball				1	+					
<i>Asperula arvensis</i> L.										
<i>Asperula hirsuta</i> Desf.				1					+	
<i>Asteriscus aquaticus</i> (L.) Less.				1	+					2
<i>Astragalus echinatus</i> Murray			+				+			
<i>Astragalus hamosus</i> L.										
<i>Astragalus solandri</i> Lowe										
<i>Atractylis cancellata</i> L.	+				+		1		1	
<i>Avena Barbara</i> Link.		+		+						1
<i>Bellis sylvestris</i> Cirillo.										+
<i>Biscutella didyma</i> L.										
<i>Blackstonia perfoliata</i> (L.) Huds.										
<i>Bombycilaena discolor</i> (Pers.) M. Lainz					1					

### Annexes

Relevés	O 1	O2	O3	O4	O5	O6	O7	O8	O9	O10
Brachypodium phoenicoides (L.) roem. & Schult										
Bromopsis erecta (Huds.) Fourr.			1							
Bromus hordeaceus L.										
Bromus intermedius Guss.						+				
Bromus scoparius L.					1					
Bunium Bulbocastanum L.									1	
Calicotome villosa (Poiret) Link						+		1		
Campanula dichotoma L.			1							
Carduus pycnocephalus L.										
Carduus tenuiflorus Curtis				1		1				
Carlina hispanica Lam.										
Carlina brachylepis (Batt.) Meusel & Kästner					1					
Carlina racemosa L.		+		+						
Catananche caerulea L.	+			+						
Catapodium rigidum (L.) C.E.Hubb.										
Centaurea pullata L.			+							1
Centaurea calcitrapa L.										
Centaurea sulphurea Willd.										
Centaurium erythrea rafn.								1		1
Chamaerops humilis L.										
Chondrilla juncea L.										
Cistus creticus L.								+		
Cistus salviifolius L.										1
Cleonia lusitanica (L.) L.					+	+	+		1	
Convolvulus althaeoides L.	+						+	+		
Convolvulus sabatius subsp. mauritanicus (Boiss.) Murb.				+						
Coronilla scorpioides (L.) Koch	+	+		2				1		
Crepis vesicaria L.	3	3	3	1	3		3			
Crucianella angustifolia L.										
Cynoglossum clandestinum Desf.										
Cynoglossum creticum Mill.										
Dactylis glomerata L.										
Daucus sp.	+									
Delphinium sp.							+			
Diploaxis pitardiana Maire							+			
Ebenus pinnata L.		+	+	1						
Echium horridum Batt.										
Echium plantagineum L.	+			1		+				1
Erodium chium (L.) Willd.										
Erodium cicutarium (L.) L'Hér.										

## Annexes

Relevés	O 1	O2	O3	O4	O5	O6	O7	O8	O9	O10
Erucastrium sp.					1					
Eryngium tricuspidatum L.					1			+		
Eryngium tricuspidatum L.								+		+
Eryngium campestre L.	+									1
Erysimum incanum G. Kunze										
Euphorbia falcata L.									+	
Ferula communis L.										
Filago duriaei Lange			+				+			
Filago pygmaea L.										
Filago pyramidata L.					1		1		1	+
Fumaria mirabilis Pugsley										
Galactites tomentosa Moench										1
Galium lucidum All.						+				
Galium viscosum Vahl									1	
Galium verrucosum Hudson										
Genista quadriflora Munby										
Genista sp.				+						
Geranium molle L.										
Geranium rotundifolium L.										
Glebionis segetum (L.) Fourr.	1									
Glossopappus macrotus (Dur.) Briq. & Cavill.	+									
Hedysarum humile L.										
Hedysanum sp.					1					
Hedypnois rhagadioloides (L.) F.W. Schmidt					3		3			
Helianthemum apenninum (L.) Miller										
Helianthemum syriacum (Jacq.) Dum. Cours.										
Hippocrepis maura Br.- BL. & Maire		+								
Hirschfeldia incana (L.) Lagrèze-Fossat			+							
Hordeum murinum L.										
Hyoseris radiata L.								2		
Hypericum pubescens Boiss.										
Hypericum perforatum L.										
Hypericum tomentosum L.			+							
Hypochaeris achyrophorus	+		+	1		+				
Iberis odorata L.			+							
Jurinea humilis (Desf.) DC.				1						
Lamium amplexicaule L.										
Lathyrus cicera L.		+					+			
Legousia falcata (Ten.) Janchen										+
Leontodon sp.						1				1

### Annexes

Relevés	O 1	O2	O3	O4	O5	O6	O7	O8	O9	O10
Leontodon saxatilis Lam.		2					1			
Leopoldia comosa (L.) Parl.		+								
Linaria multicaulis (L.) Miller										
Linum strictum L.				1		1				
Lolium rigidum Gaudin.		3					3			1
Lomelosia graminifolia (L.) Greuter & Burdet						1				
Lomelosia stellata (L.)raf.	+					1			1	
Lotus palustris Willd.					+					
Malva parviflora L.										
Malva sylvestris L.										
Mantisalca salmantica (L.) Briq. & Cavill.										
Marrubium vulgare L.										
Matthiola parviflora (Schousboe) r.Br.										
Medicago doliata Carmign.										
Medicago orbicularis (L.) Bart.										
Medicago truncatula Gaertner.										
Micropus supinus L.										
Misopates calycinum ( Vent.) rothm.										
Misopates orontium (L.) raf.										
Nigella sativa L.	+									
Nigella damascena L.	+									
Olea europea L.	4	2	4	4	4	2	2	4	4	4
Olea europea subsp. olaester (Hoffm.& Link) Negodi		1								
Onobrychis crista-galli (L.) Lam.						+				
Onobrychis humilis subsp. jahandiezii (Sirj.) Greuter & Burdet										
Ononis sp.	+	+								
Ononis natrix L. subsp. natrix				+						
Ophrys apifera Huds.			+			+		+		+
Ornithogalum narbonense L.	+				+	1			+	
Palenis spinosa (L.) Cass.	+	1			+		1		1	+
Papaver dubium L.										
Papaver hybridum L.										
Papaver rhoeas L.	1									
Paronychia Arabica (L.) DC.		+		1		1				
Phagnalon rupestre (L.) DC.		1								
Phagnalon saxatile (L.) Cass.	+			1	+	1			1	
Plantago afra L.							+			
Plantago albicans L.										
Plantago coronopus L.										



### Annexes

Relevés	O 1	O2	O3	O4	O5	O6	O7	O8	O9	O10
<i>Podospermum laciniatum</i> (L.) DC.	1									
<i>Quercus ilex</i> L.			+							
<i>reseda alba</i> L.	+									
<i>reseda luteola</i> L.										
<i>rhagadiolus stellatus</i> (L.) Gaertn.										
<i>rhaponticum acaule</i> (L.) DC.					+					
<i>rhaponticum acaule</i> var. <i>ochroleucum</i> Maire									+	
<i>rhodanthemum gayanum</i> (Coss.& Dur.) B. H. Wilcox & al.					1					
<i>roemeria hybrida</i> (L.) DC.	+									
<i>rosa canina</i> L. subsp. <i>canina</i>										
<i>rostraria</i> Trin. sp.										
<i>rumex thyrsoides</i> Desf.	1									
<i>Salvia argentea</i> L.										
<i>Sanguisorba minor</i> Scop.			+		1					
<i>Satureja rotundifolia</i> (Pers.) Briq.										
<i>Scandix pecten veneris</i>			+	1				+		
<i>Scorpiurus muricatus</i> L.										
<i>Scorzonera undulata</i> Vahl.										
<i>Silene gallica</i> L.									+	
<i>Silene vulgaris</i> (Moench) Garcke	+									
<i>Sinapsis arvensis</i> L.										
<i>Sisymbrium</i> sp.										
<i>Solanum villosum</i> Miller									+	
<i>Sonchus oleraceus</i> L.										
<i>Sonchus tenerrimus</i> L.							+			
<i>Stachelina dubia</i> L.										
<i>Stipa capensis</i> Thunb.		+							+	
<i>Stoibrax dichotomum</i> (L.) Rafin				+						
<i>Teucrium polium</i> L.					1					
<i>Teucrium capitatum</i> L.										+
<i>Teucrium fruticans</i> L.										
<i>Teucrium pseudo chamaepitys</i> L.		+		+						
<i>Thapsia garganica</i> auct.								+		
<i>Thymus munbyanus</i> subsp. <i>munbyanus</i> (Boiss. & reut) Batt.							2		2	
<i>Thymus munbyanus</i> subsp. <i>ciliatus</i> (Desf.) Greuter & Burdet			1	+			1		1	
<i>Thymus munbyanus</i> subsp. <i>Coloratus</i> (Boisson. & reuter) Greuter & Burdet							1		1	1

Annexes

Relevés	O 1	O2	O3	O4	O5	O6	O7	O8	O9	O10
<i>Torilis leptophylla</i> (L.) reinchenb.fil							+			
<i>Trachynia distachya</i> (L.) Link		+				+	2			
<i>Tragopogon porrifolius</i> L.									+	
<i>Trifolium angustifolium</i> L.					+	1		1		
<i>Trifolium campestre</i> Schreber			+			1				
<i>Trifolium stellatum</i> L.									+	1
<i>Tripodion tetraphyllum</i> (L.) Fourr.	+									
<i>Urospermum dalechampii</i> (L.) F.W.Schmidt			1							
<i>Urospermum picroides</i> (L.) F.W. Schmidt		+								
<i>Valerianella discoida</i> (L.) Loisel.						+	+			
<i>Verbascum</i> sp.									+	
<i>Veronica hederifolia</i> L.										
<i>Veronica rosea</i> Desf.										
<i>Vicia sativa</i> subsp. <i>nigra</i> (L.) Ehrh.										
<i>Vulpia bromoides</i> (L.) Gray								2		
<i>Vulpia litardiereana</i> (Maire) A. Camus										

## Annexes

**Annexe 1.3 : Table floristique du groupe de relevés des parcelles oléicoles mises en défens (suite)**

Relevés	O11	O12	O13	O14	O15	O16	O17	O18	O19	O20
Dates	04/05/2015	04/05/2015	06/05/2015	06/05/2015	06/05/2015	06/05/2015	23/05/2016	23/05/2016	23/05/2016	23/05/2016
Coordonnées géographiques	33,83541° -4,326387°	33,83561° -4,32557°	33,83940° -4,27909°	33,83938° -4,27918°	33,83905° -4,32935°	33,83863° -4,32947°	33,83385° -4,33730°	33,837411° -4,33957°	33,83649° -4,34009°	33,83648° -4,34045°
Superficie des relevés (m <sup>2</sup> )	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Altitude ( m)	940	954	960	960	974	981	995	1003	1006	962
Pente (%)	4%	33%	28%	28%	5%	16%	6%	5%	9%	10%
Exposition	E	E	S	S	W	W	W	W	E	N
<i>Adonis aestivalis</i> (L.)										
<i>Aegilops neglecta</i> Bertol		1					3	3	3	3
<i>Ajuga iva</i> (L.) Schreber										
<i>Ajuga pseudoiva</i> DC.										
<i>Allium</i> sp.										
<i>Althaea longiflora</i> Boisson.& reuter		1			1	+	+	1	1	1
<i>Alyssum alyssoides</i> (L.) L.										
<i>Ammoides pusilla</i> ( Brot.) Breistr										2
<i>Anacyclus clavatus</i> (Desf.) Pers.	3			1	3	2	3	3	3	3
<i>Anagallis arvensis</i> L.	+		1		1					
<i>Anagallis monelli</i> L. subsp. monelli			+		1	1				
<i>Anarrhinum fruticosum</i> Desf.										
<i>Anchusa italica</i> retz.	1					+				
<i>Andryala integrifolia</i> L.	+					2				
<i>Anisantha madritensis</i> (L.) Nevski			2	1	2	1			1	1
<i>Anisantha rubens</i> (L.) Nevski.		1	1	2	1	1			+	
<i>Anthyllis cytisoides</i> L.										
<i>Anthyllis vulneraria</i> L.							+			
<i>Antirrhinum siculum</i> Miller										
<i>Argyrolobium zanonii</i> ( Turra ) P.W.Ball										
<i>Asperula arvensis</i> L.										
<i>Asperula hirsuta</i> Desf.										1
<i>Asteriscus aquaticus</i> (L.) Less.					1			1		
<i>Astragalus echinatus</i> Murray				1	+	1				
<i>Astragalus hamosus</i> L.										
<i>Astragalus solandri</i> Lowe				1						1
<i>Atractylis cancellata</i> L.	2		1				+	+	+	+
<i>Avena Barbara</i> Link.			1					1	1	+
<i>Bellis sylvestris</i> Cirillo.										
<i>Biscutella didyma</i> L.										
<i>Blackstonia perfoliata</i> (L.) Huds.					1					

### Annexes

Relevés	O11	O12	O13	O14	O15	O16	O17	O18	O19	O20
<i>Bombycilaena discolor</i> (Pers.) M. Lainz		1								
<i>Brachypodium phoenicoides</i> (L.) roem. & Schult	+									
<i>Bromopsis erecta</i> (Huds.) Fourr.										
<i>Bromus hordeaceus</i> L.									+	
<i>Bromus intermedius</i> Guss.										
<i>Bromus scoparius</i> L.										
<i>Bunium Bulbocastanum</i> L.										
<i>Calicotome villosa</i> (Poiret) Link										
<i>Campanula dichotoma</i> L.										
<i>Carduus pycnocephalus</i> L.										
<i>Carduus tenuiflorus</i> Curtis										
<i>Carlina hispanica</i> Lam.							+			
<i>Carlina brachylepis</i> (Batt.) Meusel & Kästner		1								
<i>Carlina racemosa</i> L.								+	+	
<i>Catananche caerulea</i> L.		+				1	1	+		
<i>Catapodium rigidum</i> (L.) C.E.Hubb.			2							
<i>Centaurea pullata</i> L.					1			+	+	1
<i>Centaurea calcitrapa</i> L.										
<i>Centaurea sulphurea</i> Willd.										
<i>Centaureum erythrea</i> rafn.										
<i>Chamaerops humilis</i> L.										
<i>Chondrilla juncea</i> L.										
<i>Cistus creticus</i> L.	+			1						
<i>Cistus salviifolius</i> L.					1					
<i>Cleonia lusitanica</i> (L.) L.										1
<i>Convolvulus althaeoides</i> L.								1	1	
<i>Convolvulus sabatius</i> subsp. mauritanicus (Boiss.) Murb.										
<i>Coronilla scorpioides</i> (L.) Koch				+		1				+
<i>Crepis vesicaria</i> L.		1			3		3	2	3	3
<i>Crucianella angustifolia</i> L.				+		1				
<i>Cynoglossum clandestinum</i> Desf.								1		
<i>Cynoglossum creticum</i> Mill.	+				1					
<i>Dactylis glomerata</i> L.										
<i>Daucus</i> sp.										
<i>Delphinium</i> sp.				1		1				
<i>Diploxix pitardiana</i> Maire										
<i>Ebenus pinnata</i> L.		1			+		1			
<i>Echium horridum</i> Batt.										
<i>Echium plantagineum</i> L.								1	+	
<i>Erodium chium</i> (L.) Willd.										

Annexes

Relevés	O11	O12	O13	O14	O15	O16	O17	O18	O19	O20
Erodium cicutarium (L.) L'Hér.										
Erucastrum sp.										
Eryngium tricuspidatum L.										
Eryngium tricuspidatum L.					+					
Eryngium campestre L.	1	1						+	+	+
Erysimum incanum G. Kunze				+	1					
Euphorbia falcata L.			+	+						
Ferula communis L.						+				
Filago duriaei Lange						1				
Filago pygmaea L.										
Filago pyramidata L.		+	1		1					
Fumaria mirabilis Pugsley										
Galactites tomentosa Moench								+		+
Galium lucidum All.										
Galium viscosum Vahl										
Galium verrucosum Hudson										
Genista quadriflora Munby										
Genista sp.										
Geranium molle L.										
Geranium rotundifolium L.				+						
Glebionis segetum (L.) Fourr.								1		
Glossopappus macrotus (Dur.) Briq. & Cavill.									+	1
Hedysarum humile L.						+				
Hedysanum sp.	1									
Hedypnois rhagadioloides (L.) F.W. Schmidt	3	2			3			3		
Helianthemum apenninum (L.) Miller										
Helianthemum syriacum (Jacq.) Dum. Cours.										
Hippocrepis maura Br.- BL. & Maire				1						
Hirschfeldia incana (L.) Lagrèze-Fossat						1				
Hordeum murinum L.									1	+
Hyoseris radiata L.										
Hypericum pubescens Boiss.	+									
Hypericum perforatum L.					+					
Hypericum tomentosum L.								+	+	
Hypochaeris achyrophorus			1			2				
Iberis odorata L.						1				
Jurinea humilis (Desf.) DC.										
Lamium amplexicaule L.				1						
Lathyrus cicera L.										
Legousia falcata (Ten.) Janchen				+						

Annexes

Relevés	O11	O12	O13	O14	O15	O16	O17	O18	O19	O20
Leontodon sp.										
Leontodon saxatilis Lam.										
Leopoldia comosa (L.) Parl.						+				
Linaria multicaulis (L.) Miller			+							
Linum strictum L.										
Lolium rigidum Gaudin.	3		3	3		3	+			2
Lomelosia graminifolia (L.) Greuter & Burdet										
Lomelosia stellata (L.)raf.		+				1			1	
Lotus palustris Willd.										
Malva parviflora L.										
Malva sylvestris L.										
Mantisalca salmantica (L.) Briq. & Cavill.							1			
Marrubium vulgare L.										
Matthiola parviflora (Schousboe) r.Br.		+								
Medicago doliata Carmign.					+					
Medicago orbicularis (L.) Bart.			+			+				
Medicago truncatula Gaertner.										1
Micropus supinus L.							+			
Misopates calycinum ( Vent.) rothm.					+					
Misopates orontium (L.) raf.										
Nigella sativa L.										
Nigella damascena L.										
Olea europea L.	4	4	4	3	4	3	4	4	4	4
Olea europea subsp. olaester (Hoffm.& Link) Negodi										
Onobrychis crista-galli (L.) Lam.										
Onobrychis humilis subsp. jahandiezii (Sirj.) Greuter & Burdet										
Ononis sp.		1								
Ononis natrix L. subsp. natrix	1	+								
Ophrys apifera Huds.										
Ornithogalum narbonense L.								1		
Palenis spinosa (L.) Cass.							+	+	1	1
Papaver dubium L.		+								
Papaver hybridum L.				1						
Papaver rhoeas L.						1				
Paronychia Arabica (L.) DC.		1								
Phagnalon rupestre (L.) DC.										
Phagnalon saxatile (L.) Cass.		1					+			
Plantago afra L.		1					1			1
Plantago albicans L.										

Annexes

Relevés	O11	O12	O13	O14	O15	O16	O17	O18	O19	O20
Plantago coronopus L.										
Podospermum laciniatum (L.) DC.					1	1		1	1	
Quercus ilex.L										
reseda alba L.										
reseda luteola L.			+			+				
rhagadiolus stellatus (L.) Gaertn.										
rhaponticum acaule (L.) DC.										
rhaponticum acaule var. ochroleucum Maire		+								
rhodanthemum gayanum (Coss.& Dur.) B. H. Wilcox & al.										
roemeria hybrida (L.) DC.										
rosa canina L. subsp. canina										
rostraria Trin. sp.	1									
rumex thyrsoides Desf.										
Salvia argentea L.										
Sanguisorba minor Scop.	1				+		+			
Satureja rotundifolia (Pers.) Briq.										
Scandix pecten veneris			1	1		1				
Scorpiurus muricatus L.	+			1			1			+
Scorzonera undulata Vahl.										
Silene gallica L.				+						
Silene vulgaris (Moench) Garcke										
Sinapsis arvensis L.			1			+				
Sisymbrium sp.		+								
Solanum villosum Miller										
Sonchus oleraceus L.	1			1						
Sonchus tenerrimus L.	1			1						
Staelina dubia L.						1				
Stipa capensis Thunb.	2						1	1	1	
Stoibrax dichotomum (L.)rafin						+				
Teucrium polium L.										
Teucrium capitatum L.										
Teucrium fruticans L.										
Teucrium pseudo chamaepitys L.	+									
Thapsia garganica auct.										
Thymus munbyanus subsp. munbyanus (Boiss. & reut) Batt.										
Thymus munbyanus subsp. ciliatus (Desf.) Greuter & Burdet										
Thymus munbyanus subsp. Coloratus (Boisson. &reuter)Greuter & Burdet										

Annexes

Relevés	O11	O12	O13	O14	O15	O16	O17	O18	O19	O20
<i>Torilis leptophylla</i> (L.) reinchenb.fil										
<i>Trachynia distachya</i> (L.) Link					1					
<i>Tragopogon porrifolius</i> L.										+
<i>Trifolium angustifolium</i> L.						1			1	1
<i>Trifolium campestre</i> Schreber	+		+							
<i>Trifolium stellatum</i> L.										
<i>Tripodion tetraphyllum</i> (L.) Fourr.	+			+	+		1			+
<i>Urospermum dalechampii</i> (L.) F.W.Schmidt										
<i>Urospermum picroides</i> (L.) F.W. Schmidt				1					1	
<i>Valerianella discoida</i> (L.) Loisel.					1	1				
<i>Verbascum</i> sp.										
<i>Veronica hederifolia</i> L.			+							
<i>Veronica rosea</i> Desf.										
<i>Vicia sativa</i> subsp. <i>nigra</i> (L.) Ehrh.						1				
<i>Vulpia bromoides</i> (L.) Gray										
<i>Vulpia litardiereana</i> (Maire) A. Camus			+							



## Annexes

**Annexe1.3 : Table floristique du groupe de relevés des parcelles oléicoles mises en défens (suite)**

Relevés	O21	O22	O23	O24	O26	O27	O28	O29	O30
Dates	23/05/2016	23/05/2016	27/05/2016	25/05/2016	25/05/2016	25/05/2016	25/05/2016	27/05/2016	26/05/2016
Coordonnées géographiques	33,83717° -4,34133°	33,83863° -4,32947°	33,83420° -4,29485°	33,83441° -4,24562°	33,83328° -4,24624°	33,83454° -4,24038°	33,80961° -4,23014°	33,83132° -4,29493°	33,79985° -4,20962°
Superficie des relevés (m <sup>2</sup> )	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Altitude ( m)	1011	1010	935	936	948	922	1098	930	1306
Pente (%)	7%	7%	8%	3%	11%	2%	5%	14%	30%
Exposition	N	W	ES	S	E	S	N	N	N
<i>Adonis aestivalis</i> (L.)				+	+				
<i>Aegilops neglecta</i> Bertol	1	3					2		3
<i>Ajuga iva</i> (L.) Schreber									
<i>Ajuga pseudoiva</i> DC.				+					
<i>Allium</i> sp.									
<i>Althaea longiflora</i> Boisson.& reuter					+			+	
<i>Alyssum alyssoides</i> (L.) L.					+				
<i>Ammoides pusilla</i> ( Brot.) Breistr		1	+						
<i>Anacyclus clavatus</i> (Desf.) Pers.	3	2	2	3		1		3	3
<i>Anagalis arvensis</i> L.						1	1	2	
<i>Anagallis monelli</i> L. subsp. monelli	1								
<i>Anarrhinum fruticosum</i> Desf.									
<i>Anchusa italica</i> retz.	+			1					
<i>Andryala integrifolia</i> L.									+
<i>Anisantha madritensis</i> (L.) Nevski	1	1	1				1		
<i>Anisantha rubens</i> (L.) Nevski.					+		1		
<i>Anthyllis cytisoides</i> L.									
<i>Anthyllis vulneraria</i> L.	+								
<i>Antirrhinum siculum</i> Miller								+	
<i>Argyrolobium zanonii</i> ( Turra ) P.W.Ball									
<i>Asperula arvensis</i> L.							+		
<i>Asperula hirsuta</i> Desf.									
<i>Asteriscus aquaticus</i> (L.) Less.									
<i>Astragalus echinatus</i> Murray									
<i>Astragalus hamosus</i> L.						1			
<i>Astragalus solandri</i> Lowe							1		
<i>Atractylis cancellata</i> L.	2								
<i>Avena Barbara</i> Link.	1		+			1			
<i>Bellis sylvestris</i> Cirillo.									
<i>Biscutella didyma</i> L.									+
<i>Blackstonia perfoliata</i> (L.) Huds.									

### Annexes

Relevés	O21	O22	O23	O24	O26	O27	O28	O29	O30
<i>Bombycilaena discolor</i> (Pers.) M. Lainz	1		1			1	1		
<i>Brachypodium phoenicoides</i> (L.) roem. & Schult									
<i>Bromopsis erecta</i> (Huds.) Fourr.									
<i>Bromus hordeaceus</i> L.									
<i>Bromus intermedius</i> Guss.									
<i>Bromus scoparius</i> L.									
<i>Bunium Bulbocastanum</i> L.									
<i>Calicotome villosa</i> (Poiret) Link									
<i>Campanula dichotoma</i> L.									
<i>Carduus pycnocephalus</i> L.						+			1
<i>Carduus tenuiflorus</i> Curtis									
<i>Carlina hispanica</i> Lam.			+						
<i>Carlina brachylepis</i> (Batt.) Meusel & Kästner									
<i>Carlina racemosa</i> L.		+							
<i>Catananche caerulea</i> L.	1	+	1	1				1	
<i>Catapodium rigidum</i> (L.) C.E.Hubb.									
<i>Centaurea pullata</i> L.									+
<i>Centaurea calcitrapa</i> L.									+
<i>Centaurea sulphurea</i> Willd.	+	1							
<i>Centaureum erythrea</i> rafn.		1							
<i>Chamaerops humilis</i> L.			+						
<i>Chondrilla juncea</i> L.						+			
<i>Cistus creticus</i> L.									
<i>Cistus salviifolius</i> L.									
<i>Cleonia lusitanica</i> (L.) L.									
<i>Convolvulus althaeoides</i> L.					1				
<i>Convolvulus sabatius</i> subsp. mauritanicus (Boiss.) Murb.									
<i>Coronilla scorpioides</i> (L.) Koch		1							
<i>Crepis vesicaria</i> L.	1			3					
<i>Crucianella angustifolia</i> L.									
<i>Cynoglossum clandestinum</i> Desf.									
<i>Cynoglossum creticum</i> Mill.						+			
<i>Dactylis glomerata</i> L.									+
<i>Daucus</i> sp.									
<i>Delphinium</i> sp.									
<i>Diploxix pitardiana</i> Maire				1				+	
<i>Ebenus pinnata</i> L.	1		2	1					
<i>Echium horridum</i> Batt.			+						
<i>Echium plantagineum</i> L.									
<i>Erodium chium</i> (L.) Willd.				+					

### Annexes

Relevés	O21	O22	O23	O24	O26	O27	O28	O29	O30
<i>Erodium cicutarium</i> (L.) L'Hér.									1
<i>Erucastrium</i> sp.									
<i>Eryngium tricuspidatum</i> L.									
<i>Eryngium tricuspidatum</i> L.									
<i>Eryngium campestre</i> L.		+				+			
<i>Erysimum incanum</i> G. Kunze							+		
<i>Euphorbia falcata</i> L.									
<i>Ferula communis</i> L.								+	
<i>Filago duriaei</i> Lange									
<i>Filago pygmaea</i> L.		1							
<i>Filago pyramidata</i> L.	1	1			1				
<i>Fumaria mirabilis</i> Pugsley					+				
<i>Galactites tomentosa</i> Moench									
<i>Galium lucidum</i> All.									
<i>Galium viscosum</i> Vahl									
<i>Galium verrucosum</i> Hudson							+		
<i>Genista quadriflora</i> Munby		+							
<i>Genista</i> sp.									
<i>Geranium molle</i> L.						1			+
<i>Geranium rotundifolium</i> L.									
<i>Glebionis segetum</i> (L.) Fourr.		+							
<i>Glossopappus macrotus</i> (Dur.) Briq. & Cavill.									
<i>Hedysarum humile</i> L.				+			1		
<i>Hedysanum</i> sp.									
<i>Hedypnois rhagadioloides</i> (L.) F.W. Schmidt	3		1		3	3			2
<i>Helianthemum apenninum</i> (L.) Miller							+		
<i>Helianthemum syriacum</i> (Jacq.) Dum. Cours.							+		
<i>Hippocrepis maura</i> Br.- BL. & Maire									
<i>Hirschfeldia incana</i> (L.) Lagrèze-Fossat									
<i>Hordeum murinum</i> L.									+
<i>Hyoseris radiata</i> L.									
<i>Hypericum pubescens</i> Boiss.									
<i>Hypericum perforatum</i> L.									
<i>Hypericum tomentosum</i> L.									
<i>Hypochaeris achyrophorus</i>			1	1					
<i>Iberis odorata</i> L.									
<i>Jurinea humilis</i> (Desf.) DC.									
<i>Lamium amplexicaule</i> L.					1				
<i>Lathyrus cicera</i> L.					+			1	
<i>Legousia falcata</i> (Ten.) Janchen									

### Annexes

Relevés	O21	O22	O23	O24	O26	O27	O28	O29	O30
Leontodon sp.									
Leontodon saxatilis Lam.									
Leopoldia comosa (L.) Parl.									
Linaria multicaulis (L.) Miller									
Linum strictum L.		1							
Lolium rigidum Gaudin.					3				
Lomelosia graminifolia (L.) Greuter & Burdet									
Lomelosia stellata (L.)raf.				+	+			+	
Lotus palustris Willd.									
Malva parviflora L.					1	+			
Malva sylvestris L.									+
Mantisalca salmantica (L.) Briq. & Cavill.		1	1					1	
Marrubium vulgare L.						+			1
Matthiola parviflora (Schousboe) r.Br.									
Medicago doliata Carmign.									
Medicago orbicularis (L.) Bart.									
Medicago truncatula Gaertner.				1					
Micropus supinus L.		1							
Misopates calycinum ( Vent.) rothm.									
Misopates orontium (L.) raf.								+	
Nigella sativa L.									
Nigella damascena L.			1						
Olea europea L.	3	4	3	4	4	4	3	4	1
Olea europea subsp. olaester (Hoffm.& Link) Negodi				+					
Onobrychis crista-galli (L.) Lam.									
Onobrychis humilis subsp. jahandiezii (Sirj.) Greuter & Burdet		1							
Ononis sp.									
Ononis natrix L. subsp. natrix	1	1							
Ophrys apifera Huds.									
Ornithogalum narbonense L.		1							
Palenis spinosa (L.) Cass.	+		+	+				1	
Papaver dubium L.									
Papaver hybridum L.								+	
Papaver rhoeas L.	1	1			+			+	1
Paronychia Arabica (L.) DC.									+
Phagnalon rupestre (L.) DC.						1	1		
Phagnalon saxatile (L.) Cass.									
Plantago afra L.		+							
Plantago albicans L.				1					

### Annexes

Relevés	O21	O22	O23	O24	O26	O27	O28	O29	O30
Plantago coronopus L.									+
Podospermum laciniatum (L.) DC.				1	1				
Quercus ilex.L									
reseda alba L.					+			1	
reseda luteola L.									
rhagadiolus stellatus (L.) Gaertn.				+	1				
rhaponticum acaule (L.) DC.	+				1				
rhaponticum acaule var. ochroleucum Maire									
rhodanthemum gayanum (Coss.& Dur.) B. H. Wilcox & al.									
roemeria hybrida (L.) DC.									
rosa canina L. subsp. canina									+
rostraria Trin. sp.									
rumex thyrsoides Desf.									
Salvia argentea L.				+				1	
Sanguisorba minor Scop.									
Satureja rotundifolia (Pers.) Briq.									1
Scandix pecten veneris									
Scorpiurus muricatus L.									
Scorzonera undulata Vahl.							2		
Silene gallica L.									
Silene vulgaris (Moench) Garcke			1	+	+				
Sinapsis arvensis L.									
Sisymbrium sp.									
Solanum villosum Miller									
Sonchus oleraceus L.									
Sonchus tenerrimus L.									
Staelina dubia L.									
Stipa capensis Thunb.									
Stoibrax dichotomum (L.)rafin									
Teucrium polium L.									
Teucrium capitatum L.									
Teucrium fruticans L.				1					
Teucrium pseudo chamaepitys L.									
Thapsia garganica auct.									
Thymus munbyanus subsp. munbyanus (Boiss. & reut) Batt.						1	1		
Thymus munbyanus subsp. ciliatus (Desf.) Greuter & Burdet			1	1					
Thymus munbyanus subsp. Coloratus (Boisson. & reuter)Greuter & Burdet									
Torilis leptophylla (L.) reinchenb.fil									
Trachynia distachya (L.) Link									

### Annexes

Relevés	O21	O22	O23	O24	O26	O27	O28	O29	O30
Tragopogon porrifolius L.	+	1							
Trifolium angustifolium L.	1								
Trifolium campestre Schreber									
Trifolium stellatum L.		1							
Tripodion tetraphyllum (L.) Fourr.	+	+		1	+		1		
Urospermum dalechampii (L.) F.W.Schmidt									
Urospermum picroides (L.) F.W. Schmidt							1		
Valerianella discoida (L.) Loisel.									
Verbascum sp.									
Veronica hederifolia L.									
Veronica rosea Desf.							1		
Vicia sativa subsp. nigra (L.) Ehrh.									
Vulpia bromoides (L.) Gray									
Vulpia litardiereana (Maire) A. Camus									

## Annexes

### Annexe 1.4 : Table floristique du groupe de relevés des steppes

Relevés	JLK1	JLK2	JLK3	JLK4	JLK5	JLK6	JLK7	JLK8	JLK9	JLK10	JLK11	JLK12
Dates	03/05/2015	03/05/2015	03/05/2015	03/05/2015	03/05/2015	03/05/2015	03/05/2015	03/05/2015	03/05/2015	03/05/2015	28/05/2016	28/05/2016
Coordonnées géographiques	33,86728° -4,33593°	33,86837° -4,33161°	33,86754° -4,33026°	33,86423° -4,32761°	33,86218° -4,32703°	33,86105° -4,33735°	33,85947° -4,32676°	33,86904° -4,32724°	33,85540° -4,32806°	33,85099° -4,32934°	33,84988° -4,32617°	33,84846° -4,32953°
Superficie des relevés (m <sup>2</sup> )	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Altitude ( m)	1618	1614	1583	1500	1391	1367	1351	1340	1262	1180	1129	1115
Pente (%)	15%	42%	51%	40%	33%	30%	30%	27%	34%	39%	35%	23%
Exposition	S	SE	SE	SW	SW	SW	SE	SE	S	S	SW	SW
<i>Adonis aestivalis</i> (L.)						+						
<i>Aegilops neglecta</i> Bertol									2	1		1
<i>Ajuga iva</i> (L.) Schreber				+			1					
<i>Althaea longiflora</i> Boisson.& Reuter			+	+	+			+				
<i>Alyssum alyssoides</i> (L.) L.								+				
<i>Ampelodesmos mauritanica</i> (Poir) Durand & Schinz									+	1		1
<i>Anacyclus radiatus</i> Loisel.						+	+					
<i>Anacyclus clavatus</i> (Desf.) Pers.						1		+				
<i>Anagalis arvensis</i> L.	+					+				+		
<i>Andryala integrifolia</i> L.	+	+				+	+				+	
<i>Anisantha madritensis</i> (L.) Nevski				1			1	1	1			
<i>Arabis auriculata</i> Lam.	+											
<i>Arenaria</i> sp.				+								
<i>Arisarum vulgare</i> Targ-Tozz	+			+								
<i>Asphodelus macrocarpus</i> Parl.		2	2	2	2	1	1	1	1	2	2	1
<i>Asteriscus maritimus</i> (L.) Less.	+											
<i>Avena Barbara</i> Link.									+	1		+
<i>Biscutella didyma</i> L.	+	+		1								
<i>Bombycilaena discolor</i> (Pers.) M. Lainz												
<i>Bromus hordeaceus</i> L.											1	
<i>Calicotome villosa</i> (Poiret) Link												+
<i>Campanula dichotoma</i> L.			+	+		1	+	+		+		
<i>Campanula erinus</i> L.								+				
<i>Carduus tenuiflorus</i> Curtis						1						
<i>Carduus pycnocephalus</i> L.				1								
<i>Carduus tenuiflorus</i> Curtis												

## Annexes

Relevés	JLK1	JLK2	JLK3	JLK4	JLK5	JLK6	JLK7	JLK8	JLK9	JLK10	JLK11	JLK12
Carex sp.					+							
Carlina brachylepis (Batt.) Meusel & Kästner End M A Syn C involucrata					1			1				1
Carlina gummifera (L.) Kless Syn C. macrocephala Moris												
Catananche caerulea L.		1			+							
Catapodium demnatense (Murb) Maire & Weiller		+										
Catapodium rigidum (L.) C.E.Hubb.	2							1		1		
Centaurea pullata L.		+	+									
Chamaerops humilis L.		3	4	3	2	4	4	3	3	4	3	4
Chondrilla juncea L.											+	
Convolvulus gharbensis Batt. & Pitard										1		
Convolvulus althaeoides L.												
Convolvulus cantabrica L.									+	+		
Convolvulus sabatius subsp. mauritanicus (Boiss.) Murb.	+											
Crepis vesicaria L.	+				+		+					
Cyanus triumfetti (All.) A.Löve & D.Löve					+							
Cynara humilis L.												
Cynoglossum clandestinum Desf.												
Dactylis glomerata subsp. hackelii (Asch. & Graebn.) Cif. & Giacom.								+				
Daucus sp.							+					
Diplotaxis pitardiana Maire							+					
Ebenus pinnata L.												
Erodium cicutarium (L.) L'Hér.											+	
Eryngium tricuspdatum L.												
Eryngium campestre L.	+	+				+		+				
Euphorbia falcata L.												
Ferula communis L.						+		+	+		+	
Filago gallica L.	+						+	+				
Filago pygmaea L.						1		+				
Filago pyramidata L.					2		+		+	+	+	
Fraxinus dimorpha									+			
Galactites tomentosa Moench				+							+	+
Galium viscosum Vahl		+								+		
Genista sp.												
Geranium molle L.						+						
Geranium purpureum Vill.	+											



## Annexes

Relevés	JLK1	JLK2	JLK3	JLK4	JLK5	JLK6	JLK7	JLK8	JLK9	JLK10	JLK11	JLK12
<i>Geranium rotundifolium</i> L.	+	+	+	+								
<i>Hedypnois rhagadioloides</i> (L.) F.W. Schmidt	+				+				+	1	+	
<i>Hordeum murinum</i> L.						1		1				2
<i>Hyoseris radiata</i> L.	+											
<i>Hyparrhenia hirta</i> (L.) Stapf.										1		
<i>Hypericum tomentosum</i> subsp. wallianum Maire												
<i>Hypochaeris achyrophorus</i>					1		+		+	+		+
<i>Hypochaeris levigata</i> (L.) Ces.&al.							+	+				
<i>Juniperus oxycedrus</i> L.									+			
<i>Lamarckia aurea</i> (L.) Moench			1	1								
<i>Linum strictum</i> L.												
<i>Lotus longisiliquosus</i> R. Roem.									+			
<i>Marrubium vulgare</i> L.					+							
<i>Melica magnoli</i> Gren. & Godr.							+					
<i>Micropus supinus</i> L.								+	+		+	
<i>Misopates calycinum</i> (Vent.) Rothm.			+									
<i>Onobrychis humilis</i> subsp. jahandiezii (Sirj.) Greuter & Burdet												
<i>Palenis spinosa</i> (L.) Cass.												
<i>Papaver rhoeas</i> L.						+						
<i>Paronychia Argentea</i> Lam.			+	+		1						
<i>Phagnalon rupestre</i> (L.) DC.												
<i>Phagnalon saxatile</i> (L.) Cass.												
<i>Phlomis crinita</i> subsp. Mauritanica (Munby) Murb.												
<i>Plantago lagopus</i> L.					1	1	+	+				
<i>Polycarpon tetraphyllum</i> L.		1	+	+		+						
<i>Quercus ilex</i> L.			+	+	2	2						
<i>Rumex pulcher</i> L.						+						
<i>Rumex bucephalophorus</i> L.	+		1	+	+			+		1		
<i>Rumex thyrsoides</i> Desf.	+	+				+		+				
<i>Sanguisorba minor</i> Scop.	+										+	
<i>Satureja</i> sp.						+						
<i>Scolymus hispanicus</i> L.				1	1	+	1		1	1		
<i>Scorpius muricatus</i> L.										+		
<i>Scorzoneroides muelleri</i> Greuter & Galavera								+				
<i>Sedum sediforme</i> (Jacq.) Pau							+					
<i>Sherardia arvensis</i> L.							+					

## Annexes

Relevés	JLK1	JLK2	JLK3	JLK4	JLK5	JLK6	JLK7	JLK8	JLK9	JLK10	JLK11	JLK12
Sisymbrium sp.						1						
Solanum villosum Miller											+	
Sonchus asper (L.) Hill.			+	1	+	+				+		
Sonchus oleraceus L.		+				1						+
Sonchus tenerrimus L.	+	+				1						
Stachys arvensis (L.) L.										+		
Stachelina dubia L.							+					
Stellaria media (L.) Vill.						+						
Stipa tenacissima L.										1	+	
Stoibrax dichotomum (L.) Rafin	+			+								
Teucrium capitatum L.										+		
Teucrium fruticans L.												
Teucrium pseudo chamaepitys L.							+					
Thymus munbyanus subsp. munbyanus (Boiss. & Reut) Batt.												
Tolpis barbata L. Gaertn							+					
Torilis leptophylla (L.) Reinchenb.fil					1							
Trifolium angustifolium L.				+	+		+		+			
Trifolium stellatum L.	+	+	1	+			+	+		+		+
trifolium tomentosum L.					+		+		+			
Tripodion tetraphyllum (L.) Fourr.								+		1		
Urginea maritime (L) Baker							1	1		1		
Urospermum picroides (L.) F.W. Schmidt				+			1	+	+			
Valerianella multidentata Loscos & Pardo.												+
Velezia rigida L.							+		+	+		
Vulpia bromoides (L.) Gray									1			1
Vulpia litardiereana (Maire) A. Camus												
Ziziphus lotus (L.) Lam.												

## Annexes

### Annexe1. 4 : Table floristique du groupe de relevés des steppes (suite)

Relevés	JLK13	JLK14	JLK15	JLK16	JD1	JD2	JD3	JD4	JD5	JD6	JD7	JD8
Dates	28/05/2016	28/05/2016	28/05/2016	28/05/2016	22/05/2016	22/05/2016	22/05/2016	22/05/2016	22/05/2016	22/05/2016	22/05/2016	22/05/2016
Coordonnées géographiques	33,86789° -4,32944°	33,86739° -4,32918°	33,84727° -4,32446°	33,84278° -4,32617°	33,86021° -4,25259°	33,85978° -4,25231°	33,85786° -4,25239°	33,85754° -4, 25176°	33,85710° -4,25142°	33,85682° -4,25144°	33,85653° -4,25201°	33,85644° -4,25193°
Superficie des relevés (m <sup>2</sup> )	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Altitude ( m)	1076	1065	1052	1000	1283	1260	1203	1180	1161	1164	1153	1127
Pente (%)	19%	36%	22%	21%	5%	10%	30%	35%	40%	45%	35%	25%
Exposition	SW	S	S	S	S	S	SW	SW	S	S	SW	S
<i>Adonis aestivalis</i> (L.)												
<i>Aegilops neglecta</i> Bertol					1		+		1			
<i>Ajuga iva</i> (L.) Schreber	+											
<i>Althaea longiflora</i> Boisson.& Reuter												
<i>Alyssum alyssoides</i> (L.) L.							+					
<i>Ampelodesmos mauritanica</i> (Poir) Durand & Schinz					4	4	4	4	4	5	5	4
<i>Anacyclus radiatus</i> Loisel.		+										+
<i>Anacyclus clavatus</i> (Desf.) Pers.					+	+	+			+	+	
<i>Anagalis arvensis</i> L.				+			+		+			
<i>Andryala integrifolia</i> L.												
<i>Anisantha madritensis</i> (L.) Nevski												
<i>Arabis auriculata</i> Lam.												
<i>Arenaria</i> sp.												
<i>Arisarum vulgare</i> Targ-Tozz												+
<i>Asphodelus macrocarpus</i> Parl.	2	1	3	2	+	+			+			
<i>Asteriscus maritimus</i> (L.) Less.					+	+						
<i>Avena Barbara</i> Link.			+	+								
<i>Biscutella didyma</i> L.												
<i>Bombycilaena discolor</i> (Pers.) M. Lainz					+							

Annexes

Relevés	JLK13	JLK14	JLK15	JLK16	JD1	JD2	JD3	JD4	JD5	JD6	JD7	JD8
Bromus hordeaceus L.	1				+	+	1			+	+	
Calicotome villosa (Poiret) Link					3	3	1			+		1
Campanula dichotoma L.		+										
Campanula erinus L.												
Carduus tenuiflorus Curtis												
Carduus pycnocephalus L.								+			+	3
Carduus tenuiflorus Curtis						+		+				1
Carex sp.												
Carlina brachylepis (Batt.) Meusel & Kästner End M A Syn C involucrata		1			+			1	1	+	1	
Carlina gummifera (L.) Kless Syn C. macrocephala Moris				+								
Catananche caerulea L.	+											
Catapodium demnatense (Murb) Maire & Weiller												
Catapodium rigidum (L.) C.E.Hubb.												
Centaurea pullata L.												
Chamaerops humilis L.	3	3	4	3	1	1	2	2	3	2	2	
Chondrilla juncea L.			1									
Convolvulus gharbensis Batt. & Pitard												
Convolvulus althaeoides L.			+	1							+	
Convolvulus cantabrica L.				1							+	
Convolvulus sabatius subsp. mauritanicus (Boiss.) Murb.			+							+		
Crepis vesicaria L.												
Cyanus triumfetti (All.) A.Löve & D.Löve												
Cynara humilis L.			+	+								
Cynoglossum clandestinum Desf.					+	+	+					1
Dactylis glomerata subsp. hackelii (Asch. & Graebn.) Cif. & Giacom.												
Daucus sp.												

## Annexes

Relevés	JLK13	JLK14	JLK15	JLK16	JD1	JD2	JD3	JD4	JD5	JD6	JD7	JD8
<i>Diplotaxis pitardiana</i> Maire					+	+	+	+				1
<i>Ebenus pinnata</i> L.				+								
<i>Erodium cicutarium</i> (L.) L'Hér.									+	1		
<i>Eryngium tricuspidatum</i> L.											+	1
<i>Eryngium campestre</i> L.												1
<i>Euphorbia falcata</i> L.		+	+									
<i>Ferula communis</i> L.												
<i>Filago gallica</i> L.												
<i>Filago pygmaea</i> L.												
<i>Filago pyramidata</i> L.		+		1								
<i>Fraxinus dimorpha</i>												
<i>Galactites tomentosa</i> Moench	+	+					1	1	+		1	
<i>Galium viscosum</i> Vahl												
<i>Genista</i> sp.						2	+					
<i>Geranium molle</i> L.												
<i>Geranium purpureum</i> Vill.												
<i>Geranium rotundifolium</i> L.												
<i>Hedypnois rhagadioloides</i> (L.) F.W. Schmidt	1				+			+	+	+	+	+
<i>Hordeum murinum</i> L.		+	+	1				1		1		+
<i>Hyoseris radiata</i> L.												
<i>Hyparrhenia hirta</i> (L.) Stapf.												
<i>Hypericum tomentosum</i> subsp. <i>wallianum</i> Maire		4										
<i>Hypochaeris achyrophorus</i>		2					+					
<i>Hypochaeris levigata</i> (L.) Ces.&al.												
<i>Juniperus oxycedrus</i> L.												
<i>Lamarckia aurea</i> (L.) Moench												
<i>Linum strictum</i> L.						+						

## Annexes

Relevés	JLK13	JLK14	JLK15	JLK16	JD1	JD2	JD3	JD4	JD5	JD6	JD7	JD8
<i>Lotus longisiliquosus</i> R. Roem.												
<i>Marrubium vulgare</i> L.								+				
<i>Melica magnoli</i> Gren. & Godr.												
<i>Micropus supinus</i> L.			1	1			1	+				1
<i>Misopates calycinum</i> ( Vent.) Rothm.	+											
<i>Onobrychis humilis</i> subsp. jahandiezii (Sirj.) Greuter & Burdet				+								
<i>Palenis spinosa</i> (L.) Cass.						1			1			1
<i>Papaver rhoeas</i> L.												
<i>Paronychia Argentea</i> Lam.					+	+			+	+	+	+
<i>Phagnalon rupestre</i> (L.) DC.										+		
<i>Phagnalon saxatile</i> (L.) Cass.											1	+
<i>Phlomis crinita</i> subsp. Mauritanica (Munby) Murb.			+									
<i>Plantago lagopus</i> L.				+								
<i>Polycarpon tetraphyllum</i> L.												
<i>Quercus ilex</i> L.					+							
<i>Rumex pulcher</i> L.												
<i>Rumex bucephalophorus</i> L.												
<i>Rumex thyrsoides</i> Desf.												
<i>Sanguisorba minor</i> Scop.												
<i>Satureja</i> sp.												
<i>Scolymus hispanicus</i> L.	1			+	+		1	1		+		
<i>Scorpius muricatus</i> L.			1							+		1
<i>Scorzoneroides muelleri</i> Greuter & Galavera												
<i>Sedum sediforme</i> (Jacq.) Pau												
<i>Sherardia arvensis</i> L.												
<i>Sisymbrium</i> sp.												
<i>Solanum villosum</i> Miller	+											

Annexes

Relevés	JLK13	JLK14	JLK15	JLK16	JD1	JD2	JD3	JD4	JD5	JD6	JD7	JD8
<i>Sonchus asper</i> (L.) Hill.												
<i>Sonchus oleraceus</i> L.												
<i>Sonchus tenerrimus</i> L.		+										
<i>Stachys arvensis</i> (L.) L.		+	+				+					
<i>Stachelina dubia</i> L.												
<i>Stellaria media</i> (L.) Vill.												
<i>Stipa tenacissima</i> L.					+							
<i>Stoibrax dichotomum</i> (L.) Rafin												
<i>Teucrium capitatum</i> L.												
<i>Teucrium fruticans</i> L.					+	+		+				
<i>Teucrium pseudo chamaepitys</i> L.					+	+						
<i>Thymus munbyanus</i> subsp. <i>munbyanus</i> (Boiss. & Reut) Batt.		+		1		+	+	+	1		1	
<i>Tolpis barbata</i> L. Gaertn												
<i>Torilis leptophylla</i> (L.) Reinchenb. fil												
<i>Trifolium angustifolium</i> L.												
<i>Trifolium stellatum</i> L.												
<i>trifolium tomentosum</i> L.		+										
<i>Tripodion tetraphyllum</i> (L.) Fourr.								+			+	
<i>Urginea maritime</i> (L) Baker	1	1		+						+		
<i>Urospermum picroides</i> (L.) F.W. Schmidt	+											
<i>Valerianella multidentata</i> Loscos & Pardo.												
<i>Velezia rigida</i> L.												
<i>Vulpia bromoides</i> (L.) Gray			1									
<i>Vulpia litardiereana</i> (Maire) A. Camus		1							1	1		

## Annexes

### Annexe 2 : Liste des espèces de l'aire d'étude

N°	Espèces	Familles	Type biologique
1	<i>Adonis aestivalis</i> L.	Ranunculaceae	Th
2	<i>Aegilops neglecta</i> Bertol.	Poaceae	Th
3	<i>Ajuga iva</i> (L.) Schreber	Lamiacées	Hém
4	<i>Ajuga pseudoiva</i> DC.	Lamiaceae	Hém
5	<i>Allium</i> sp	Alliaceae	
6	<i>Althaea longiflora</i> Boisson. & Reuter	Malvacea	Th
7	<i>Alyssum alyssoides</i> (L.) L.	Brassicaceae	Th
8	<i>Alyssum spinosum</i> L.	Brassicaceae	Ch
9	<i>Ammoides pusilla</i> (Brot.) Breistr	Apiaceae	Th
10	<i>Ampelodesmos mauritanicus</i> (Poir.) Durand & Schinz	Poaceae	Hém
11	<i>Anacyclus clavatus</i> (Desf.) Pers.	Asteraceae	Th
12	<i>Anacyclus radiatus</i> Loisel.	Asteraceae	Th
13	<i>Anagalis arvensis</i> L.	Primulaceae	Th
14	<i>Anagallis monelli</i> subsp. <i>monelli</i>	Primulaceae	Ch
15	<i>Anarrhinum fruticosum</i> Desf.	Plantaginaceae	Ch
16	<i>Anarrhinum pedatum</i> Desf.	Plantaginaceae	Hém
17	<i>Anchusa italica</i> Retz.	Boraginaceae	Hém
18	<i>Andryala integrifolia</i> L.	Asteraceae	Th, Hém
19	<i>Anisantha madritensis</i> (L.) Nevski	Poaceae	Th
20	<i>Anisantha rubens</i> (L.) Nevski.	Poaceae	Th
21	<i>Anthyllis cytisoides</i> L.	Fabaceae	Nph
22	<i>Anthyllis vulneraria</i> subsp. <i>maura</i> (G. Beck) Maire	Fabaceae	Hém, Th
23	<i>antirrhinum barrelieri</i> Boreau	Plantaginaceae	Ch
24	<i>Antirrhinum siculum</i> Mill.	Plantaginaceae	Ch
25	<i>Antyllis vulneraria</i>	Fabaceae	Hém, Th
26	<i>Aphyllanthes monspeliensis</i> L.	Asparagaceae	G
27	<i>Arabis auriculata</i> Lam.	Brassicaceae	Th
28	<i>Arabis verna</i> (L.) R. Br.	Brassicaceae	Th
29	<i>Arbutus unedo</i> L.	Ericacea	Ph
30	<i>Arenaria pomelii</i> Munby	caryophyllaceae	Th
31	<i>Argyrolobium zanonii</i> (Turrra) P.W.Ball	Fabaceae	Ch
32	<i>Arisarum vulgare</i> Targ-Tozz	araceae	G
33	<i>Asparagus acutifolius</i> L.	Asparagaceae	Nph
34	<i>Asperula arvensis</i> L.	Rubiaceae	Th
35	<i>Asperula hirsuta</i> Desf	Rubiaceae	Ch
36	<i>Asphodelus cerasiferus</i> J.Gay	Asphodelaceae	G
37	<i>Asphodelus ramosus</i> L.	Asphodelaceae	Hém
38	<i>Asteriscus aquaticus</i> (L.) Less.	Asteraceae	Th
39	<i>Asteriscus maritimus</i> (L.) Less.	Asteraceae	Th
40	<i>Astragalus armatus</i> Willd.	Fabaceae	Ch
41	<i>Astragalus echinatus</i> Murray	Fabaceae	Th
42	<i>Astragalus hamosus</i> L.	Fabaceae	Th
43	<i>Astragalus solandri</i> Lowe	Fabaceae	Th
44	<i>Atractylis cancellata</i> L.	Asteraceae	Th
45	<i>Avena Barbata</i> Link.	Poaceae	Th
46	<i>Bellis sylvestris</i> Cirillo.	Asteraceae	Hém
47	<i>Berberis hispanica</i> Boiss. & Reut.	Berberidaceae	Nph
48	<i>Biscutella didyma</i> L.	Brassicaceae	Th
49	<i>Blackstonia perfoliata</i> (L.) Huds.	Gentianaceae	Th



## Annexes

N°	Espèces	Familles	Type biologique
50	<i>Bombycilaena discolor</i> (Pers.) M. Lainz	Asteraceae	Th
51	<i>Brachypodium atlanticum</i> Dobignard	Poaceae	Hém
52	<i>Brachypodium distachyon</i> (L.) P. Beauv.	Poaceae	Th
53	<i>Brachypodium phoenicoides</i> (L.) Roem. & Schult	Poaceae	Hém
54	<i>Brachypodium retusum</i> (Pers.) P. Beauv.	Poaceae	Hém
55	<i>Bromopsis erecta</i> (Huds.) Fourr.	Poaceae	Hém
56	<i>Bromus cf. intermedius</i> Guss.	Poaceae	Th
57	<i>Bromus hordeaceus</i> L.	Poaceae	Th
58	<i>Bromus scoparius</i> L.	Poaceae	Th
59	<i>Bunium Bulbocastanum</i> L.	Apiaceae	G
60	<i>Bupleureum balansea</i> Boiss. & Reut.	Apiaceae	Ch
61	<i>Bupleurum spinosum</i> Gouan	Apiaceae	Ch
62	<i>Calicotome villosa</i> (Poiret) Link	Fabaceae	Nph
63	<i>Campanula dichotoma</i> L.	Campanulaceae	Th
64	<i>Campanula erinus</i> L.	Campanulaceae	Th
65	<i>Carduus ballii</i> Hook. f.	Asteraceae	Th
66	<i>Carduus pycnocephalus</i> L.	Asteraceae	Th
67	<i>Carduus tenuiflorus</i> Curtis	Asteraceae	Th
68	<i>Carex</i> sp.	Cyperaceae	Hém, G
69	<i>Carlina involucrata</i> var. <i>brachylepsis</i> Batt.	Asteraceae	Hém
70	<i>Carlina macrocephala</i> Moris	Asteraceae	Hém
71	<i>Carlina racemosa</i> L.	Asteraceae	Th
72	<i>Carthamus</i> sp.	Asteraceae	
73	<i>Catananche caerulea</i> L.	Asteraceae	Hém
74	<i>Catapodium demnatense</i> (Murb) Maire & Weiller	Poaceae	Th
75	<i>Catapodium rigidum</i> (L.) C.E.Hubb.	Poaceae	Th
76	<i>Cedrus atlantica</i> (Endl.) Batt. & Trabut	Pinaceae	Ph
77	<i>Centaurea calcitrapa</i> L.	Asteraceae	Th-b
78	<i>Centaurea pullata</i> L.	Asteraceae	Th
79	<i>Centaurea involucrata</i> Desf	Asteraceae	Th
80	<i>Centaurea sulphurea</i> Willd.	Asteraceae	Th
81	<i>Centaurium erythrea</i> Rafn.	Gentianaceae	Th
82	<i>Cerastium gibraltarium</i> Boiss.	caryophyllaceae	Ch
83	<i>Chamaerops humilis</i> L.	Arecaceae	Nph
84	<i>Chondrilla juncea</i> L.	Asteraceae	Th
85	<i>Cistus creticus</i> L.	Cistaceae	Ch
86	<i>Cistus salviifolius</i> L.	Cistaceae	Ch
87	<i>Cleonia lusitanica</i> (L.) L.	Lamiaceae	Th
88	<i>Convolvulus arvensis</i> L.	Convolvulaceae	G
89	<i>Convolvulus gharbensis</i> Batt. & Pitard	Convolvulaceae	Th
90	<i>Convolvulus althaeoides</i> L.	Convolvulaceae	Hém
91	<i>Convolvulus cantabrica</i> L.	Convolvulaceae	Hém
92	<i>Convolvulus humilis</i> Jacq.	Convolvulaceae	Th
93	<i>Convolvulus sabatius</i> Viv.	Convolvulaceae	Hém
94	<i>Convolvulus sabatius</i> subsp. <i>mauritanicus</i> (Boiss.) Murb.	Convolvulaceae	Hém
95	<i>Coronilla scorpioides</i> (L.) Koch	Fabaceae	Th
96	<i>Crataegus orientalis</i> Bieberstein	Rosaceae	Nph
97	<i>Crepis vesicaria</i> (L.)	Asteraceae	Hém
98	<i>Crucianella angustifolia</i> L.	Rubiaceae	Th
99	<i>Cyanus triumfetti</i> (All.) A.Löve & D .Löve	Asteraceae	Hém
100	<i>Cynara humilis</i> L.	Asteraceae	G
101	<i>Cynoglossum clandestinum</i> Desf.	Boraginaceae	Th
102	<i>cynoglossum creticum</i> Miller	Boraginaceae	Th-b
103	<i>Cytisus arboreus</i> subsp. <i>catalaunicus</i> (Webb) Maire	Fabaceae	Nph

## Annexes

N°	Espèces	Familles	Type biologique
104	<i>Cytisus purgans subsp. balansea</i> ( Boiss.) Maire	Fabaceae	Ch
105	<i>Dactylis glomerata</i> L.	Poacées	Th, Hém
106	<i>Daucus</i> sp.	Apiaceae	
107	<i>Delphinium</i> sp.	Ranunculaceae	
108	<i>Dipcadi serotinum</i> (L.) Medik.	Asparagaceae	G
109	<i>Diplotaxis pitardiana</i> Maire	Brassicaceae	Th
110	<i>Ebenus pinnata</i> Aiton	Fabaceae	Ch
111	<i>Echinaria capitata</i> (L.) Desf.	Poaceae	Th
112	<i>Echium horridum</i> Batt.	Boraginaceae	Th
113	<i>Echium plantagineum</i> L.	Boraginaceae	Th
114	<i>Erodium chium</i> (L.) Willd.	geraniaceae	Th
115	<i>Erodium cicutarium</i> (L.) L'Hér.	Lamiacées	Th
116	<i>Erucastrum</i> sp.	Brassicaceae	
117	<i>Eryngium campestre</i> L.	Apiaceae	Hém
118	<i>Eryngium tricuspdatum</i> L.	Apiaceae	Hém
119	<i>Eryngium maroccanum</i> Pit.	Apiaceae	Hém
120	<i>Eryngium triquetrum</i> Vahl	Apiaceae	Hém
121	<i>Erysimum grandiflorum</i> Desf.	Brassicaceae	Hém
122	<i>Erysimum incanum</i> Kunze	Brassicaceae	Th
123	<i>Euphorbia falcata</i> L.	Apiaceae	Th
124	<i>Euphorbia sulcata</i> Loisel.	Apiaceae	Th
125	<i>Ferula communis</i> L.	Apiaceae	Hém
126	<i>Filago duriaei</i> Lange	Asteraceae	Th
127	<i>Filago gallica</i> L.	Asteraceae	Th
128	<i>Filago pygmaea</i> L.	Asteraceae	Th
129	<i>Filago pyramidata</i> L.	Asteraceae	Th
130	<i>Fraxinus angustifolius</i> Vahl	Oleacea	Ph
131	<i>Fraxinus dimorpha</i> Cosson & Durieu	Oleacea	Ph
132	<i>Fumana scoparia</i> Pomel	Cistacea	Ch
133	<i>Fumaria mirabilis</i> Pugsley	Papaveraceae	Th
134	<i>Galactites tomentosus</i> Moench	Asteraceae	Th
135	<i>Galium lucidum</i> All.	Rubiaceae	hém
136	<i>Galium viscosum</i> Vahl	Rubiaceae	Th
137	<i>Galium aparine</i> L.	Rubiaceae	Th
138	<i>Galium verrucosum</i> Hudson	Rubiaceae	Th
139	<i>Genista</i> sp	Fabaceae	Nph
140	<i>Genista quadriflora</i> Munby	Fabaceae	Nph
141	<i>Geranium rotundifolium</i> L.	Geraniaceae	Th
142	<i>Geranium molle</i> L.	Geraniaceae	Th
143	<i>Geranium nanum</i>	Geraniaceae	Hém
144	<i>Geranium purpureum</i> Vill.	Geraniaceae	Th
145	<i>Glebionis segetum</i> (L.) Fourr.	Asteraceae	Th
146	<i>Globularia alypum</i> L.	Plantaginaceae	Ch
147	<i>Glossopappus macrotus</i> (Dur.) Briq. & Cavill.	Asteraceae	Th
148	<i>Hainardia cylindrica</i> (Willd.) Greuter	Poacées	Th
149	<i>Hedera helix</i> L.	Araliaceae	Ph
150	<i>Hedypnois rhagadioloides</i> (L.) F.W. Schmidt	Asteraceae	Th
151	<i>Hedysarum humile</i> L.	Fabaceae	Ch
152	<i>Helianthemum apenninum</i> (L.) Mill.	Cistaceae	Ch
153	<i>Helianthemum croceum</i> (Desf.) Pers.	Cistaceae	Ch
154	<i>Helianthemum helianthemoides</i> (Desf.) Grosser	Cistaceae	Ch
155	<i>Helianthemum piliferum</i> Boiss.	Cistaceae	Ch
156	<i>Helianthemum syriacum</i> (Jacq.) Dum. Cours.	Cistaceae	Ch
157	<i>Helictochloa bromoides</i> (Gouan) Romero Zarco	Poaceae	Hém

## Annexes

N°	Espèces	Familles	Type biologique
158	<i>Hippocrepis maura</i> Br. - BL. & Maire	Fabaceae	Th
159	<i>Hirschfeldia incana</i> (L.) Lagrèze-Fossat	Brassicaceae	Hém
160	<i>Hordeum murinum</i> L.	Poaceae	Th
161	<i>Hyoseris radiata</i> L.	Asteraceae	Hém
162	<i>Hyparrhenia hirta</i> (L.) Stapf.	Poaceae	Hém
163	<i>Hypericum pubescens</i>	Hypericaceae	Hém
164	<i>Hypericum perforatum</i> L.	Hypericaceae	Ch
165	<i>Hypericum tomentosum</i> L.	Hypericaceae	Hém
166	<i>Hypochaeris achyrophorus</i> L.	Asteraceae	Th
167	<i>Hypochaeris levigata</i> (L.) Ces. & al.	Asteraceae	Hém
168	<i>Hypochaeris radicata</i> L.	Asteraceae	Hém
169	<i>Iberis odorata</i> L.	Brassicaceae	Th
170	<i>Joncus</i> sp	Juncacea	
171	<i>Juniperus phoenicea</i> L.	Cupressaceae	Ph
172	<i>Juniperus oxycedrus</i> L.	Cupressaceae	Ph
173	<i>Juniperus thurifera</i> L.	Cupressaceae	Ph
174	<i>Jurinea humilis</i> (Desf.) DC.	Asteraceae	Hém
175	<i>Lamarckia aurea</i> (L.) Moench	Poaceae	Th
176	<i>Lamium amplexicaule</i> L.	Lamiaceae	Th
177	<i>Lamium hybridum</i> Vill.	Lamiaceae	Th
178	<i>Lathyrus cicera</i> L.	Fabaceae	Th
179	<i>Legousia falcata</i> (Ten.) Janchen	Campanulaceae	Th
180	<i>Leontodon saxatilis</i> Lam.	Asteraceae	Th
181	<i>Leopoldia comosa</i> (L.) Parl	Asparagaceae	G
182	<i>Linaria multicaulis</i> (L.) Miller	Plantaginaceae	Hém
183	<i>Linaria micrantha</i> (Cav.) Hoffmanns. & Link	Plantaginaceae	Th
184	<i>Linaria tristis</i> subsp. <i>pectinata</i> (Pau & Font Quer) Maire	Plantaginaceae	Hém
185	<i>Linum strictum</i> L.	Linaceae	Th
186	<i>Linum tenue</i> Desf.	Linaceae	Th
187	<i>Lolium rigidum</i> Gaudin.	Poaceae	Th
188	<i>Lomelosia graminiflora</i>	caprifoliaceae	Hém
189	<i>Lomelosia stellata</i> (L.) Raf.	caprifoliaceae	Th
190	<i>Lonicera implexa</i> Aiton	caprifoliaceae	Nph
191	<i>Lonicera periclymenum</i> L.	caprifoliaceae	Nph
192	<i>Lotus longisiliquosus</i> R. Roem.	Fabaceae	Hém
193	<i>Lotus palustris</i> Willd.	Fabaceae	Hém
194	<i>Malva hispanica</i> L.	Malvaceae	Th
195	<i>Malva parviflora</i> L.	Malvaceae	Th
196	<i>Malva sylvestris</i> L.	Malvaceae	Hém
197	<i>Mantisalca salmantica</i> (L.) Briq. & Cavill.	Asteraceae	Th
198	<i>Marrubium ayardii</i> Maire	Lamiaceae	Ch
199	<i>Marrubium vulgare</i> L.	Lamiaceae	Th
200	<i>Matthiola</i> cf <i>parviflora</i> (Schousboe) r.Br.	Brassicaceae	Th
201	<i>Matthiola fruticulosa</i> (Loefl. ex L.) Maire	Brassicaceae	hém- Ch
202	<i>Medicago doliata</i>	Fabaceae	Th
203	<i>Medicago minima</i> L.	Fabaceae	Th
204	<i>Medicago orbicularis</i>	Fabaceae	Th
205	<i>Medicago suffruticosa</i> DC.	Fabaceae	Hém
206	<i>Medicago truncatula</i> Gaertn.	Fabaceae	Th
207	<i>Melica magnoli</i> Gren. & Godr.	Poaceae	Hém
208	<i>Micropus supinus</i> L.	Asteraceae	Th
209	<i>Misopates</i> cf. <i>calycinum</i> ( Vent.) Rothm.	Scrophulariaceae	Th
210	<i>Misopates orontium</i> (L.) Raf.	Scrophulariaceae	Th
211	<i>Neatostema apulum</i> (L.) I. M. Johnston	Boraginaceae	Th

## Annexes

N°	Espèces	Familles	Type biologique
212	<i>Nerium oleander</i> L.	Apocynaceae	Nph
213	<i>Nigella sativa</i> L.	Ranunculaceae	Th
214	<i>Nigella damascena</i>	Ranunculaceae	Th
215	<i>Olea europea</i> L.	Oleaceae	Ph
216	<i>Olea europea</i> subsp. <i>olaester</i> (Hoffm. & Link) Negodi	Oleaceae	Ph
217	<i>Onobrychis crista galli</i> (L.) Lam.	Fabaceae	Th
218	<i>Onobrychis humilis</i> subsp. <i>jahandiezii</i> (Sirj.) Greuter & Burdet	Fabaceae	Hém
219	<i>Ononis natrix</i> L. subsp. <i>natrix</i>	Fabaceae	Ch
220	<i>Ononis</i> sp.	Fabaceae	
221	<i>Ophrys apifera</i> Huds.	Orchidaceae	G
222	<i>Orlaya platycarpus</i> W. D. J. Koch	Apiaceae	Th
223	<i>Ornithogalum kochii</i> Parl,	Asparagaceae	G
224	<i>Ornithogalum narbonense</i> L.	Asparagaceae	G
225	<i>Palenis spinosa</i> (L.) Cass.	Asteraceae	Hém
226	<i>Papaver dubium</i> L.	Papaveraceae	Th
227	<i>Papaver hybridum</i> L.	Papaveraceae	Th
228	<i>Papaver rhoeas</i> L.	Papaveraceae	Th
229	<i>Paronychia Arabica</i> (L.) DC.	caryophyllaceae	Hém
230	<i>Paronychia Argentea</i> Lam.	caryophyllaceae	Hém
231	<i>Paronychia chlorothyrsa</i> Murb.	caryophyllaceae	Hém
232	<i>Phagnalon rupestre</i> (L.) DC.	Asteraceae	Ch
233	<i>Phagnalon saxatile</i> (L.) Cass.	Asteraceae	Ch
234	<i>Phlomis crinita</i> subsp. <i>Mauritanica</i> (Munby) Murb.	Lamiacées	Hém
235	<i>Phillyrea angustifolia</i> L.	Oleaceae	Ph
236	<i>Pinus halepensis</i> Miller	Pinaceae	Ph
237	<i>Pistacia lentiscus</i> L.	Anacardiaceae	Ph
238	<i>Plantago afra</i> L.	Plantaginaceae	Th
239	<i>Plantago albicans</i> L.	Plantaginaceae	Hém
240	<i>Plantago coronopus</i> L.	Plantaginaceae	Th
241	<i>Plantago lagopus</i> L.	Plantaginaceae	Th
242	<i>Poa bulbosa</i> L. subsp. <i>bulbosa</i>	Poaceae	Hém
243	<i>Podospermum laciniatum</i> (L.) DC.	Asteraceae	Th
244	<i>Polycarpon tetraphyllum</i> L.	Caryophyllaceae	Th
245	<i>Polygala monspeliaca</i> L.	Polygalaceae	Th
246	<i>Polygala rupestris</i> Pourr.	Polygalaceae	Ch
247	<i>Prunus prostrata</i> Labill.	Rosaceae	Ch, Nph
248	<i>Quercus ilex</i> L.	Fagaceae	Ph
249	<i>Reseda alba</i> L.	Resedaceae	Th
250	<i>Reseda luteola</i> L.	Resedaceae	Th
251	<i>Rhagadiolus stellatus</i> (L.) Gaertn.	Asteraceae	Th
252	<i>Rhamnus</i> L.	Rhamnaceae	
253	<i>Rhaponticum acaule</i> var. <i>ochroleucum</i> Maire	Asteraceae	Hém
254	<i>Rhodanthemum gayanum</i> (Coss. & Dur.) B. H. Wilcox & al.	Asteraceae	Ch
255	<i>Ribes uva crispa</i> L.	Grossulariaceae	Nph
256	<i>Roemeria hybrida</i> (L.) DC.	Papaveraceae	Th
257	<i>Rosa canina</i> L. subsp. <i>canina</i>	Rosaceae	Nph
258	<i>Rosa micrantha</i> Sm. & Sow.	Rosaceae	Nph
259	<i>Rosa sicula</i> Tratt.	Rosaceae	Nph(Ch)
260	<i>Rostraria</i> sp.	Poaceae	
261	<i>Rubus ulmifolius</i> Schott.	Rosaceae	Nph
262	<i>Rumex pulcher</i> L.	polygonaceae	Hém
263	<i>Rumex bucephalophorus</i> L.	polygonaceae	Th
264	<i>Rumex thyrsoides</i> Desf.	polygonaceae	Hém

## Annexes

N°	Espèces	Familles	Type biologique
265	<i>Salvia argentea</i> L.	Lamiaceae	Hém
266	<i>Sanguisorba minor</i> Scop.	Rosaceae	G
267	<i>Satureja alpina</i> subsp. <i>Granatensis</i> (Boisson. & Reuter) Maire	Lamiaceae	Ch
268	<i>Satureja rotundifolia</i> (Pers.) Briq.	Lamiaceae	Th
269	<i>Satureja baborensis</i> (Batt.) Briq.	Lamiaceae	Ch
270	<i>Satureja nepeta</i> (L.) Scheele	Lamiaceae	Ch
271	<i>Saxifraga dichotoma</i> Willd.	Saxifragaceae	Hém
272	<i>Scabiosa stellata</i> L. ( <i>Syn Lomelosia stellata</i> )	caprifoliaceae	Th
273	<i>Scandix pecten veneris</i> L.	Apiaceae	Th
274	<i>Scolymus hispanicus</i> L.	Asteraceae	Hém
275	<i>Scorpiurus muricatus</i> L.	Fabaceae	Th
276	<i>Scorzonera laciniata</i> L.	Asteraceae	Th
277	<i>Scorzonera undulata</i> Vahl.	Asteraceae	Hém
278	<i>Scorzoneroïdes muelleri</i> (Sch. Bip.) Greuter & Talavera	Asteraceae	Th
279	<i>Sedum album</i> L.	Crassulaceae	Ch
280	<i>sedum forsterianum</i> Sm.	Crassulaceae	Ch
281	<i>Sedum sediforme</i> (Jacq.) Pau	Crassulaceae	Ch
282	<i>senecio leucanthemifolius</i> Poiret	Asteraceae	Th
283	<i>Senecio vulgaris</i> L.	Asteraceae	Th
284	<i>Sherardia arvensis</i> L.	Rubiaceae	Th
285	<i>silene colorata</i> Poiret	Caryophyllaceae	Th
286	<i>Silene galica</i> L.	Caryophyllaceae	Th
287	<i>Silene vulgaris</i> (Moench) Garcke	Caryophyllaceae	G
288	<i>Sinapis arvensis</i> L.	Brassicaceae	Th
289	<i>Sisymbrium</i> sp.	Brassicaceae	
290	<i>Smilax aspera</i> L.	Smilacaceae	Ph-I (G)
291	<i>Solanum villosum</i> Miller	Solanaceae	Th
292	<i>Sonchus asper</i> (L.) Hill.	Asteraceae	Th
293	<i>Sonchus tenerrimus</i> L.	Asteraceae	Th
294	<i>Sonchus oleraceus</i> L.	Asteraceae	Th
295	<i>Sonchus tenerrimus</i> L.	Asteraceae	Th
296	<i>Stachys arvensis</i> (L.) L.	Lamiaceae	Th
297	<i>Stachelina dubia</i> L.	Asteraceae	Ch
298	<i>Stellaria media</i> (L.) Vill.	Caryophyllaceae	Th
299	<i>Stipa capensis</i> Thunb.	Poaceae	Th
300	<i>Stipa tenacissima</i> L.	Poaceae	Hém
301	<i>Stoibrax dichotomum</i> (L.) Rafin	Apiaceae	Th
302	<i>Tetraclinis articulata</i> (Vahl) Masters	Cupressaceae	Ph
303	<i>Teucrium campanulatum</i> L.	Lamiaceae	Ch
304	<i>Teucrium capitatum</i> L.	Lamiaceae	Ch
305	<i>Teucrium pollium</i> L.	Lamiaceae	Ch
306	<i>Teucrium cf. capitatum</i>	Lamiaceae	Ch
307	<i>Teucrium fruticans</i> L.	Lamiaceae	Nph
308	<i>Teucrium pseudo-chamaepitys</i> L.	Lamiaceae	Ch
309	<i>Thapsia garganica</i> auct.	Apiaceae	G
310	<i>Thapsia villosa</i> L.	Apiaceae	G
311	<i>Thlaspi arvense</i> L.	Apiaceae	Th
312	<i>Thymelaea argentata</i> (Lam.) Pau	Thymelaeaceae	Ch
313	<i>Thymus munbyanus</i> subsp. <i>Coloratus</i> (Boisson. & Reuter) Greuter & Burdet	Lamiaceae	Ch
314	<i>Thymus munbyanus</i> subsp. <i>munbyanus</i> (Boiss. & Reut) Batt.	Lamiaceae	Ch
315	<i>Thymus munbyanus</i> subsp. <i>ciliatus</i> (Desf.) Greuter & Burdet	Lamiaceae	Ch

## Annexes

316	<i>Tolpis barbata L. Gaertn</i>	Asteraceae	Th
N°	Espèces	Familles	Type biologique
317	<i>Torilis leptophylla (L.) Reinchenb.fil</i>	Apiaceae	Th
318	<i>Trachynia distachya (L.) Link</i>	Poaceae	Th
319	<i>Tragopogon porrifolium</i>	Asteraceae	Th, Hém
320	<i>Trifolium arvense L.</i>	Fabaceae	Th
321	<i>Trifolium angustifolium L.</i>	Fabaceae	Th
322	<i>Trifolium campestre Schreber</i>	Fabaceae	Th
323	<i>Trifolium dubium Sibth.</i>	Fabaceae	Th
324	<i>Trifolium hirtum All.</i>	Fabaceae	Th
325	<i>Trifolium stellatum L.</i>	Fabaceae	Th
326	<i>trifolium tomentosum L.</i>	Fabaceae	Th
327	<i>Tripodium tetraphyllum (L.) Fourr.</i>	Fabaceae	Th
328	<i>Tulipa silvestris L.</i>	Liliaceae	G
329	<i>Umbilicus rupestris (Salisb.) Dandy</i>	Crassulaceae	G
330	<i>Urginea maritima (L.) Baker</i>	Liliaceae	GB
331	<i>Urospermum dalechampii (L.) F.W.Schmidt</i>	Asteraceae	Hém
332	<i>Urospermum picroides (L.) F.W. Schmidt</i>	Asteraceae	Th
333	<i>Valerianella coronata (L.) DC.</i>	Valerianaceae	Th
334	<i>Valerianella discoida (L.) Loisel</i>	Valerianaceae	Th
335	<i>Valerianella multidentata Loscos &amp; Pardo.</i>	Valerianaceae	Th
336	<i>Velezia rigida L.</i>	Caryophyllaceae	Th
337	<i>Verbascum sp.</i>	Scrophulariaceae	
338	<i>Veronica hederifolia L.</i>	Plantaginaceae	Th
339	<i>Veronica rosea Desf.</i>	Plantaginaceae	Hém
340	<i>Veronica rosea Desf. subsp. rosea</i>	Plantaginaceae	Hém
341	<i>Vicia sativa</i>	Fabaceae	Th
342	<i>Vicia sativa subsp. nigra (L.) Ehrh.</i>	Fabaceae	Th
343	<i>Vulpia bromoides (L.) Gray</i>	Poaceae	Th
344	<i>Vulpia litardiereana (Maire) A. Camus</i>	Poaceae	Th
345	<i>Vulpia myuros (L.) C.C.Gmel.</i>	Poaceae	Th
346	<i>Ziziphus lotus (L.) Lam.</i>	Rhamnaceae	Nph

Annexes

**Annexe 3 : Mesures morphométriques**  
**Annexe 3.1 : Mesures morphométriques de la strate anthropisée**

N° d'individus	Diamètre de la frondaison	Hauteur de la frondaison	Nombre de feuilles	Nombre de rejets
1	39	46	7	6
2	49	62	9	0
3	46	50	6	5
4	30	32	8	8
5	54	60	11	7
6	35	41	10	6
7	41	50	7	11
8	44	49	8	7
9	32	44	9	6
10	40	37	8	7
11	34	35	8	5
12	57	56	14	5
13	52	56	15	10
14	60	54	12	8
15	41	43	7	7
16	42	50	11	7
17	70	77	16	7
18	46	42	11	5
19	56	48	14	7
20	46	44	11	5
21	56	55	12	5
22	52	58	11	3
23	47	40	10	3
24	67	64	14	4
25	70	68	14	5
26	52	45	12	2
27	60	53	10	12
28	46	42	7	2
29	32	29	11	8
30	56	38	10	8
31	50	44	12	8
32	30	27	11	11
33	34	29	10	10
34	32	30	14	6
35	45	38	14	7
36	42	39	12	12
37	27	26	10	10
38	53	50	7	8
39	50	47	11	7
40	23	26	10	9

## Annexes

N° d'individus	Diamètre de la frondaison	Hauteur de la frondaison	Nombre de feuilles	Nombre de rejets
41	36	40	7	7
42	27	28	6	11
43	48	45	9	7
44	51	46	11	5
45	26	34	7	7
46	51	48	12	7
47	32	42	8	12
48	50	57	12	6
49	41	35	10	8
50	48	53	16	6
51	42	38	9	5
52	46	43	12	9
53	28	24	9	9
54	49	44	8	6
55	21	22	4	5
56	38	34	7	1
57	27	23	6	8
58	34	32	12	4
59	41	38	9	3
60	54	50	10	3
61	46	48	6	5
62	54	57	10	7
63	48	56	9	3
64	36	35	5	6
65	45	42	9	5
66	37	31	6	2
67	38	27	8	5
68	30	31	4	8
69	50	42	9	8
70	65	53	10	0
71	32	30	6	9
72	22	20	12	5
73	30	33	7	3
74	27	40	9	2
75	42	39	8	4
76	20	21	10	3
77	19	18	5	2
78	48	50	10	4
79	29	36	10	6
80	25	32	9	3
81	45	50	11	2
82	48	37	10	3
83	42	39	10	4



## Annexes

N° d'individus	Diamètre de la frondaison	Hauteur de la frondaison	Nombre de feuilles	Nombre de rejets
84	70	65	11	3
85	63	64	11	3
86	61	54	9	9
87	51	50	10	6
88	35	31	8	1
89	52	49	9	3
90	64	58	8	0
91	85	72	14	5
92	73	65	11	3
93	66	56	7	4
94	61	61	8	2
95	59	54	8	8
96	67	57	10	3
97	62	56	7	2
98	89	75	11	2
99	68	57	10	5
100	69	62	9	0
<b>Moyenne</b>	<b>46,01</b>	<b>44,53</b>	<b>9,62</b>	<b>5,56</b>

### Annexe 3.2 : Mesures morphométriques de la strate arborée

N° d'individus	Diamètre de la frondaison	Hauteur de la frondaison	Nombre de feuilles	Nombre de rejets
1	68	57	11	6
2	82	72	15	6
3	71	62	11	7
4	77	61	12	10
5	102	89	15	7
6	76	49	15	3
7	75	66	13	4
8	66	53	13	11
9	88	71	15	5
10	73	59	13	0
11	62	50	10	4
12	74	57	15	6
13	84	70	14	7
14	100	83	15	6
15	62	52	11	2
16	75	58	15	7
17	60	56	12	0
18	104	86	14	6

### Annexes

N° d'individus	Diamètre de la frondaison	Hauteur de la frondaison	Nombre de feuilles	Nombre de rejets
19	69	61	12	4
20	82	73	15	4
21	92	81	15	8
22	101	84	15	6
23	76	66	12	6
24	84	70	14	5
25	83	66	13	6
26	74	55	13	9
27	80	74	11	9
28	104	88	15	8
29	66	57	13	8
30	90	74	15	8
31	76	67	15	4
32	60	48	10	9
33	62	48	13	7
34	66	65	12	6
35	90	81	16	6
36	70	62	13	7
37	52	42	9	4
38	62	57	11	4
39	56	61	7	4
40	68	55	13	4
41	60	54	13	1
42	63	44	11	9
43	94	81	16	9
44	72	61	13	4
45	79	59	13	5
46	68	65	14	4
47	58	54	12	10
48	67	47	8	6
49	83	68	12	5
50	65	57	11	4
<b>Moyenne</b>	<b>75,42</b>	<b>63,52</b>	<b>12,88</b>	<b>5,8</b>

Annexes

**Annexe 4 : Comparaison des moyennes des variables morphométriques**

**Annexe 4.1 : Statistiques des strates**

Stations		N	Moyenne	Ecart type	Moyenne erreur standard
Diametre de la frondaison	Strate anthropisée	99	46,01	14,547	1,462
	Strate arborée	51	74,84	13,840	1,938
Hauteur de la frondaison	Strate anthropisée	99	44,47	12,966	1,303
	Strate arborée	51	63,25	11,965	1,675
Nombre de feuilles	Strate anthropisée	99	9,66	2,504	0,252
	Strate arborée	51	12,75	2,235	0,313
Nombre de rejets	Strate anthropisée	99	5,57	2,890	0,290
	Strate arborée	51	5,78	2,436	0,341

**Annexe 4.2 : Test de Student (t) des variables morphométriques au seuil de signification 5% par le logiciel SPSS**

		Test de Levene sur l'égalité des variances		Test t pour égalité des moyennes		
		F	Sig.	t	ddl	Sig. (bilatéral)
Diametre de la frondaison	Hypothèse de variances égales	,141	,708	-11,688	148	,000 <sup>(*)</sup>
	Hypothèse de variances inégales			-11,877	105,653	,000 <sup>(*)</sup>
Hauteur de la frondaison	Hypothèse de variances égales	,505	,479	-8,622	148	,000 <sup>(*)</sup>
	Hypothèse de variances inégales			-8,848	108,535	,000 <sup>(*)</sup>
Nombre de feuilles	Hypothèse de variances égales	,881	,349	-7,416	148	,000 <sup>(*)</sup>
	Hypothèse de variances inégales			-7,692	111,736	,000 <sup>(*)</sup>
Nombre de rejets	Hypothèse de variances égales	3,010	,085	-,462	148	,645
	Hypothèse de variances inégales			-,488	117,325	,626
<b>(*)Différence significative à 5 %</b>						

## Annexes

### Annexe 5 : Tableaux des corrélations par le logiciel SPSS Annexe 5.1 : Tableaux de corrélations de la strate anthropisée

		Diametre de la frondaison	Hauteur de la frondaison	Nombre de feuilles	Nombre de rejets
Diametre de la frondaison	Corrélation de Pearson	1	,907**	,412**	-,259**
	Sig. (bilatérale)		,000	,000	,009
	N	100	100	100	100
Hauteur de la frondaison	Corrélation de Pearson	,907**	1	,414**	-,240*
	Sig. (bilatérale)	,000		,000	,016
	N	100	100	100	100
Nombre de feuilles	Corrélation de Pearson	,412**	,414**	1	,074
	Sig. (bilatérale)	,000	,000		,462
	N	100	100	100	100
Nombre de rejets	Corrélation de Pearson	-,259**	-,240*	,074	1
	Sig. (bilatérale)	,009	,016	,462	
	N	100	100	100	100

\*\* . La corrélation est significative au niveau 0.01 (bilatéral).

\* . La corrélation est significative au niveau 0.05 (bilatéral).

### Annexe 5.2 : Tableaux de corrélations de la strate arboré

		Diametre de la frondaison	Hauteur de la frondaison	Nombre de feuilles	Nombre de rejets
Diametre de la frondaison	Corrélation de Pearson	1	,905**	,715**	,238
	Sig. (bilatérale)		,000	,000	,095
	N	50	50	50	50
Hauteur de la frondaison	Corrélation de Pearson	,905**	1	,630**	,169
	Sig. (bilatérale)	,000		,000	,242
	N	50	50	50	50
Nombre de feuilles	Corrélation de Pearson	,715**	,630**	1	,105
	Sig. (bilatérale)	,000	,000		,467
	N	50	50	50	50
Nombre de rejets	Corrélation de Pearson	,238	,169	,105	1
	Sig. (bilatérale)	,095	,242	,467	
	N	50	50	50	50

\*\* . La corrélation est significative au niveau 0.01 (bilatéral).

\* . La corrélation est significative au niveau 0.05 (bilatéral).