

MINISTERE DE L'ENSEINGEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE MOULOUD MAMMERI TIZI OUZOU

FACULTE DES SCIENCES BIOLOGIQUES ET SCIENCES AGRONOMIQUES

DEPARTEMENT DES SCIENCES AGRONOMIQUES



En vue d'obtention du diplôme de master 2 en sciences agronomiques

Spécialité : protection des forêts

THEME

Impact humain sur la biodiversité de la forêt des
Beni ghobri : une exploitation à travers les
indices écologiques

Soutenue : 22 /09/2024

Présenté par : Nait Slimani Fazia et Lekhal Hanane.

Membres du jury :

Présidente : Mme. Meddour-Sahar Ouahiba Professeure à l'UMMTO.

Promoteur : Mr. Zanndouche Ouahid Maître de recherche B à l'INRF.

Co-Promoteur : Mr. Larbi Mohamed Yamine Maître Assistant à l'UMMTO.

Examineur : Mr. Chenoune Karim Maître Assistant à l'UMMTO

Invité : Mr. Guettas Ali Attaché de recherche à l'INRF.

PROMOTION 2023/2024

REMERCIEMENTS

Nous remercier dieu le tout puissant de nous avoir donné le courage ainsi que la volonté pour préparer ce mémoire.

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude et reconnaissance à notre promoteur Mr. **Zanndouche Ouahid** Maître de recherche B à INRF pour nous avoir confié, dirigé et encadré ce travail, merci pour sa patience tout au long de la réalisation de ce mémoire, pour son écoute, pour son aide et son soutien.

Nos remerciements les plus sincères s'adressent également à notre Co-promoteur Mr. **Larbi Mohamed Yamine** assistant à l'UMMTO pour avoir partagé avec nous ses conseils judicieux, son inspiration et son orientation.

Nos remerciements vont également à Mme. **Meddour-Sahar Ouahiba** professeur à l'UMMTO Qui a accepté de présider le jury et à Mr. **Chenoune Karim** d'avoir pris le temps d'examiner notre travail et Mr. **Guetas Ali** pour son aide durant la sortie sur terrain.

Dédicace :

Je tiens à dédier ce modeste travail :

Tout d'abord, je remercie le bon dieu de m'avoir donné la force et le courage de mener à bien ce modeste travail.

A mes parents les prunelles de mes yeux qui ont été pour moi ma source de bonheur et de courage, pour tout leur soutien sans eux je ne serai jamais là, dieu les garde pour moi.

A mes sœurs Katia et Tiziri qui ont supporté tout venant de ma part, pour leurs soutien et encouragement.

Pour mon frère et sa petite famille qui ont marqué toujours la joie sur mon visage.

Pour mon mari qui m'a épaulé pendant cette dernière année qui m'a aidé sans hésiter.

Pour ma belle-famille et leur soutien.

Ainsi qu'à mes amis : Chihaz, Kamilia, Sadia, Hakima, djamila, Zineb, Hanane tous mes collègues.

Nait Slimani Fazia

Dédicaces :

Tout d'abord, je tiens à remercier DIEU De m'avoir donné la force et le courage de mener à bien ce modeste travail

Je dédie ce modeste travail à ceux qui ont donné un sens à mon existence, en m'offrant une éducation digne de confiance, ceux qui ont attendu avec patience le fruit de leur bonne éducation à mes très chers parents

À ma chère sœur Daouia et à mes frères Mounir, Yacine et Walid

À mon binôme Nait Slimani Fazia

A mes amis Votre soutien a été un moteur essentiel pour la réalisation de ce travail Merci du fond du cœur.

LEKHAL HANANE

Résumé

La forêt domaniale de Beni Ghobri joue un rôle écologique crucial mais est menacée par le surpâturage, les coupes illégales et les incendies. À travers l'analyse des indices écologiques, cette étude vise à évaluer l'impact des activités humaines sur la biodiversité de cette forêt, en se focalisant sur la diversité, la structure et les interactions des espèces végétales ainsi que les effets des conditions environnementales. Nous avons élaboré une carte détaillée de l'occupation du sol grâce à des images satellites et des systèmes d'information géographique, complétée par des relevés phytoécologiques pour évaluer la diversité de la zone. Les résultats ont révélé 119 espèces végétales avec une répartition inégale ; la classification de Raunkiaer montre une prédominance de thérophytes (40%) et d'hémicryptophytes (28%), indiquant une perturbation récente. La majorité des espèces sont méditerranéennes, suivies d'espèces eurasiatiques et ouest-méditerranéennes. Les indices de perturbation et de diversité ont montré que 44,53% de l'écosystème a subi des impacts environnementaux notables, affectant la biodiversité, avec un indice de Shannon indiquant une diversité élevée mais un déséquilibre selon l'indice d'équitabilité. Ces résultats soulignent l'importance d'une gestion attentive pour préserver la biodiversité et la santé écologique de la forêt de Beni Ghobri face aux pressions anthropiques.

Mots clés : Forêt domaniale de Beni Ghobri, indice écologique, biodiversité, activité humaine, image satellite, système d'information géographique.

Summary

The Beni Ghobri State Forest plays a crucial ecological role but is threatened by overgrazing, illegal logging, and fires. Through the analysis of ecological indicators, this study aims to assess the impact of human activities on the biodiversity of this forest, focusing on the diversity, structure, and interactions of plant species, as well as the effects of environmental conditions. A detailed land-use map was developed using satellite imagery and geographic information systems, supplemented by phytoecological surveys to evaluate the area's diversity. The results revealed 119 plant species with uneven distribution; Raunkiaer's classification shows a predominance of therophytes (40%) and hemicryptophytes (28%), indicating recent disturbance. Most species are Mediterranean, followed by Eurasian and West Mediterranean species. Disturbance and diversity indices showed that 44.53% of the ecosystem has experienced significant environmental impacts, affecting biodiversity, with the Shannon index indicating high diversity but an imbalance according to the equitability index. These results highlight the importance of careful management to preserve the biodiversity and ecological health of the Beni Ghobri Forest in the face of anthropogenic pressures.

Keywords: Beni Ghobri State Forest, ecological index, biodiversity, human activity, satellite imagery, geographic information system.

Sommaires

Introduction Générale	1
synthèses bibliographiques	3
1. Historique de la forêt de beni ghobri	3
2. Cadre physique	3
2.1. Statuts juridiques et administratif	3
2.2. Situation géographique	3
3. Facteur abiotique	3
3.1. Morphologie et relief	3
3.2. Géologie et pédologie	4
4. Caractéristique bioclimatique	4
4.1. Température	5
4.2. Pluviométrie	5
4.3. Le vent	5
4.4. Autre paramètre climatique	5
5. Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen	6
6. Quotient pluviométriques	7
Matériels et méthodes	9
1. Introduction	9
2. Présentation de la zone d'étude	9
3. Choix des stations et échantillonnage	10
4. L'aire minimale	10
5. Méthode analytique des relevés	11
6. Coefficient d'abondance-dominance de Braun-Blanquet (1959)	11
7. Échelle d'abondance-dominance selon Braun-Blanquet (1959)	12
8. Classification des Formations Végétales selon Ionesco et Sauvage (1962)	12
9. Détermination Botanique des Espèces	13
10. Types Biologiques	13
11. Le Spectre Biologique	14
12. Le Spectre Chorologique	15
13. Endémicité et Rareté	15
14. Les Indices de Diversité Écologique	15
14.1. Indice de Shannon-Weaver	15

14.2.	Indice d'Équitabilité	16
14.3.	Indice de Perturbation.....	16
14.3.1.	Principaux Facteurs Affectant l'Indice de Perturbation (IP)	17
15.	Cartographie de l'occupation des terres	18
16.	Utilisation du logiciel QGIS	18
17.	Création de la carte d'occupation des terres.....	18
18.	Étapes de création de la carte de l'occupation des terres.....	18
18.1.	Numérisation des cartes :	19
18.2.	Calage des Cartes :	19
18.3.	Digitalisation :	19
18.4.	Création de la Base de Données :	19
18.5.	Création de la Légende :	19
Résultats et discussion.....	21	
1.	Carte de l'occupation des terres.....	21
1.1.	Forêts.....	22
1.1.1.	Forêts mixtes	22
1.1.2.	Forêts pures.....	23
1.1.2.1.	Forêts de Quercus canariensis Willd.	24
1.1.2.2.	Forêts de Quercus suber L	24
1.1.3.	Les forêts touchées par des incendies.....	25
1.2.	Matorrals	26
2.	Diversité des écosystèmes et floristiques par cantons.....	31
2.1.	Canton Sidi Brahimi	32
2.2.	Canton Ain el Ançeur	32
2.3.	Canton Aboud.....	32
2.4.	Canton Bouhini	32
3.	Analyse floristique de la zone d'étude.....	33
3.1.	Type biologique	33
3.2.	Le spectre chorologique	34
3.3.	Endémicité et rareté.....	36
3.4.	Indice de perturbation (IP)	37
3.4.1.	Signification de l'Indice.....	38
3.5.	Indice de Shannon	39
CONCLUSION GENERALE	41	

Liste des tableaux

<i>Tableau I: les précipitations et les températures moyenne dans la forêt de beni ghobri (2001-2010) ONMTO,2010 in Kemmoum, 2022.</i>	<u>6</u>
<i>Tableau II : Le nombre et le pourcentage de chaque types biologiques</i>	<u>34</u>
<i>Tableau III: Types chorologiques</i>	<u>35</u>

Listes des figures

<i>Figure 1 : Diagramme ombrothermique de Bagnouls et</i>	7
<i>Figure 2 : Position de la forêt de Beni ghobri sur le climagramme d'Emberger</i>	8
<i>Figure 3 : Situation de la zone d'étude</i>	9
<i>Figure 4: carte d'emplacement des relevés phytoécologiques dans la forêt de beni ghobri 2024 (Sentinel 2024)</i>	22
<i>Figure 5: localisation des forêts mixtes</i>	23
<i>Figure 6: localisation des forêts de <i>Quercus canariensis willd</i></i>	24
<i>Figure 7: localisation des forêts de <i>Quercus suber L</i></i>	25
<i>Figure 8: localisation des forêts incendies</i>	26
<i>Figure 9: localisation des matorrals</i>	27
<i>Figure 10: localisation du maquis</i>	28
<i>Figure 11: localisation des tranchées par feu</i>	28
<i>Figure 12: localisation des zones agricoles</i>	29
<i>Figure 13: localisation des sols nus</i>	30
<i>Figure 14: localisation des agglomérations</i>	30
<i>Figure 15: localisation des routes et pistes</i>	31
<i>Figure 16: répartition des cantons</i>	31
<i>Figure 17: le spectre biologique de la région d'étude</i>	34
<i>Figure 18 : le spectre chorologique de la flore</i>	36
<i>Figure 19: rareté ou abondance des espèces selon (Quezel et Santa)</i>	37

Liste des abréviations

GPS : globale positioning system.

QGIS : quantum geographic information system.

UTM : Universal transverse Mercator (système de projection cartographique).

SCR : système de coordonnées de référence.

KMZ: keyhole Markup language zipped.

SHP: Shapefile.

SCR: Spatial coordinate reference.

EPSG: European petroleum survey group.

WGS 84: world Geodetic system 1

Introduction Générale

Les forêts, avec leur richesse biologique et leurs fonctions écologiques essentielles, constituent un pilier fondamental du soutien à la vie sur Terre. Elles jouent un rôle crucial dans la protection contre l'érosion, la désertification, tout en améliorant l'environnement et les conditions agricoles. De plus, elles sont vitales pour les communautés rurales qui en dépendent directement.

La région méditerranéenne est reconnue comme un "hotspot" de biodiversité mondiale. Les forêts méditerranéennes, avec leurs caractéristiques distinctives, représentent un patrimoine naturel unique. Cependant, ces écosystèmes forestiers sont particulièrement vulnérables en raison de leur fragilité, exacerbée par des conditions climatiques extrêmes, une pression humaine persistante et une fréquence élevée des incendies (FAO, 2018).

L'Algérie, couvrant une superficie de 2 381 741 km², voit 10% de son territoire constitué de formations forestières situées principalement dans le nord du pays, où les conditions climatiques et pédologiques sont favorables à leur développement. Les forêts algériennes, en tant qu'écosystèmes méditerranéens, abritent une diversité biologique considérable, comprenant arbres, plantes, insectes, champignons et animaux. Ces éléments sont essentiels pour maintenir l'équilibre climatique, physique et socio-économique des régions rurales et du pays dans son ensemble.

Le massif forestier de Beni Ghobri, l'un des plus grands complexes de forêts caducifoliées en Algérie (Boudy, 1955), a attiré l'attention de nombreux chercheurs et passionnés. Cependant, cette forêt domaniale est soumise à des pressions anthropiques importantes, telles que le surpâturage, les coupes illicites et les incendies, exacerbées par l'absence de politiques forestières adaptées pour un développement durable (Messaoudene, 2008).

Pour une gestion durable et un aménagement efficace, il est essentiel de bien comprendre les éléments de l'écosystème forestier. Notre étude vise à évaluer l'impact des activités humaines sur la biodiversité de la forêt de Beni Ghobri, en se concentrant sur la dynamique des espèces floristiques dans le temps et l'espace. Cette analyse permettra de sensibiliser à l'importance de la protection et de la gestion de cette forêt.

Pour atteindre cet objectif, notre mémoire est structuré en trois chapitres :

- Le premier chapitre fournit une synthèse bibliographique et un aperçu général de l'histoire de la forêt domaniale de Beni Ghobri.
- Le deuxième chapitre décrit la zone d'étude et expose la méthodologie de travail.

INTRODUCTION GÉNÉRALE

- Le troisième chapitre est dédié à l'analyse des relevés, à la présentation des résultats et à leur discussion. Nous concluons par une synthèse des principaux résultats obtenus

Synthèses bibliographiques

1. Historique de la forêt de beni ghobri

La forêt domaniale de béni-ghobri est touchée par toutes sortes d'infractions à savoir : Le défrichement, Les constructions illicites, L'extraction des pierres, Les coupes illicites, les incendies, le vol de Liège, les décharges sauvages, le Labour et les occupations illicites.

D'après l'analyse temporelle durant la période (1999-2018) Nous avons trouvé Que les incendies sont une vraie catastrophe pour cette forêt avec un nombre de 303 de feux qui ont parcouru Une surface de 3644,45 hectares.

D'après (Bouabdallah, 2020) ; l'analyse spatiale des cantons, ils ont constaté que le comptant Hamil Le plus attaché par les infrastructures et les infractions.

2. Cadre physique

2.1. Statuts juridiques et administratif

La forêt de béni-ghobri, Également connue sous le nom de massif forestier de Yakouren. Est une forêt domaniale située dans la Wilaya de Tizi ousou en Algérie Administrativement Elle dépend de la conservation des forêts de Tizi ousou. Juridiquement elle a le statut de forêt domaniale Ce qui signifie qu'elle appartient au domaine public de l'État algérien Cette forêt couvre une superficie de 6939 hectares, soit 10% du couvert forestier de la Wilaya de Tizi Ouzou (Bouabdallah, 2020).

2.2. Situation géographique

La forêt domaniale de beni-ghobri est située au niveau du haut sebaou sans l'atlas tellien, à environ 37 km du chef-lieu de la wilaya de tizi ousou et à 150 km à l'est d'Alger.

Entre les parallèles 36.72929 latitude nord et 4.422880 longitudes Est.

Elle est limitée au nord par la forêt de tamgout, au sud par la forêt d'akfadou à l'est par la commune de yakouren et à l'ouest par la commune azazga (Yefsah, 2016)

3. Facteur abiotique

3.1. Morphologie et relief

La forêt de béni-ghobri présente un relief très accidenté. Avec une succession de pontes de Crête et de Vallons.

Cette topographie Diversifiés entraîne une grande variabilité des conditions édaphique (Profondeur des sols, charge caillouteuse etc.) qui se traduit par la présence de 4 formations pédologiques distinctes au sein de la forêt.

La répartition des espèces végétales est fortement influencée par ses différences de sols et d'expositions favorisant ainsi une grande diversité floristique.

Ainsi, la morphologie accidentée de la forêt est un facteur qu'il est, qui contribue à la richesse. Et la diversité Biologique de cet écosystème forestier remarquable (Ferrahi, 2004).

3.2. Géologie et pédologie

Du point de vue géologique, selon Gelard (1979), le massif forestier de beni-ghobri repose sur 3 types substratum géologiques :

- Les grès numidiens, occupent et dominent dans les Crêtes.
- Les argiles sous numidiennes, de l'oligocène.
- Les flysch à micro-crèche. Du sénonien.

D'après Lapie (1909), les grès numidiens que constituent la région de béni-ghobri donne naissance à un substratum (Terrain sableux Pas interaction argileuse). Froid, Uniquement siliceux, parsemé de roches.

Du point de vue édaphique, les sols sont pour la majorité des cas de type brun forestier, Lessivés issus des grès numidiens généralement frais et profonds. Qui tendent vers une Podzolisation, Ceci est dû à l'acidité du substrat rajouté à l'humidité qui persiste en été (Quezel, 1956).

En revanche, les argiles sous numidiennes, peu répandues se développent sur des sols à hydromorphie temporaire (Durant, 1959).

4. Caractéristique bioclimatique

Le climat dans la forêt de beni-ghobri est caractérisé par :

De précipitations qui jouent un rôle dominant sur la croissance radiale des chênes (*Quercus canariensis* et *Quercus afares*) par rapport aux températures. Les températures minimales ont un impact plus important que les températures maximales.

La modélisation des cernes de croissance des chênes montre que l'épaisseur des cernes dépend à la fois de la croissance des années antérieures et du climat de l'année précédente.

Les facteurs climatiques (précipitation, températures minimales) interagissent avec les facteurs du milieu (sol, altitude, pente) et le facteur génétique pour influencer la croissance radiale des chênes dans cette forêt (Messaoudene, 1992).

4.1. Température

La forêt des béni-ghobri en Algérie a un climat méditerranéen caractérisé par une période sèche en été et des saisons froides est relativement pluvieuse le reste de l'année. Les températures moyennes annuelles sont comprises entre 11 °C et 16 °C.

4.2. Pluviométrie

La forêt de Béni-ghobri est caractérisée par une tranche pluviométrique annuelle de 900 à 1400 mm (Messaoudene, 1991).

La pluviométrie surtout celle du printemps qui coïncide souvent avec la reprise végétative a une forte influence sur l'état physiologique et sanitaire des chênes Liège. Avec cette forme les arbres ont un déficit pluviométrique printanier de 15 à 35% ont entraîné des dépérissements importants des arbres qui ont dû s'adapter en limitant leur dévalorisation par la perte de rameaux et l'abondance de débourrements. (Tafer et al, 2007)

4.3. Le vent

La forêt de Béni-ghobri est soumise à des vents violents ; Qui ont un impact important sur la végétation. Selon les études, le chêne Liège de cette forêt résiste bien au vent violent. Cependant, les vents peuvent fragiliser les arbres et les rendre plus vulnérables aux autres stress environnementaux Comme la sécheresse.

4.4. Autre paramètre climatique

Un autre paramètre climatique important dans la forêt de béni-ghobri est l'hydrographie. La région est drainée par un important réseau hydrographique permanent, notamment la rivière Ighzer Aboud, ainsi que plusieurs ruisseaux comme Athboudrare et Blibek. La forêt est également caractérisée par la présence de fontaines avec de l'eau permanente toute l'année et de nombreux réseaux hydrographiques souterrains. Cet important réseau hydrographique joue un rôle essentiel dans l'écosystème forestier de Béni-ghobri (Ait Chikh, Bousslimani, 2019)

5. Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen

Selon Gaussen (1953) cité par Dajoz (1971), la sécheresse s'établit lorsque la pluviométrie mensuelle P, exprimé en (mm) est inférieur au double de la température moyenne mensuelle T exprimé en (degré Celsius °C).

On peut à partir de là, tracer pour la région d'étude un graphique où l'on porte en abscisses les mois et en ordonnées les températures et les précipitations, l'échelle étant double pour les premières, ce type de diagramme est qualifié d'ombrothermique.

Le diagramme ombrothermique de la région de Beni-ghobri 2000-2010 montre l'existence d'une période sèche et d'une période humide.

Les températures dans la zone d'étude est très fluctuante. Elle est faible en hiver (<10°C) et relativement élevée en été. Plus précisément, en juillet et août (25-35°C), Les températures diurnes peuvent atteindre jusqu'à 40°C.

Les précipitations représentent un facteur fondamental dans les écosystèmes terrestres, les pluies s'étalent sur une période de 6 mois (novembre à avril), avec de fortes pluies en décembre, janvier février et mars. Les précipitations annuelles varient de 700 à 1000 mm et peuvent atteindre jusqu'à 1500 mm d'eau comme illustré dans le tableau I.

Tableau I : les précipitations et les températures moyennes dans la forêt de Beni ghobri (2001-2010) ONMTO, 2010 in Kemmoum, 2022.

	Jan	Fév.	Mar	Avril	Mai	Juin	Jui	Aout	Sept	Oct.	Nov	Déc
Température (moy)	10,24	11	13,66	15,79	19,4	24,77	28	27,7	24,3	20,92	14,52	11,76
Précipitation (moy)	161,75	106,4	110	141,83	67,5	10,12	3,5	7,35	52,95	83,43	147,83	188,03

Le diagramme ombrothermique détermine l'intensité et la durée des saisons de pluies et des saisons sèches. Ils rassemblent les deux courbes de précipitations et des températures dans le même graphique.

Le principe est $P < 2T$. Ce chiffre est défini en fonction de la gravité de la sécheresse et du mois le plus sec selon la formule suivante : pour l'équation suivante : $P, moy < 2T$, donc le mois est sec. Les points d'intersection des deux courbes, pluviométrique et thermique délimitent la durée de la saison sèche lorsque $P < 2T$ et l'autre partie correspond à la saison humide comme représentée dans la figure 1.

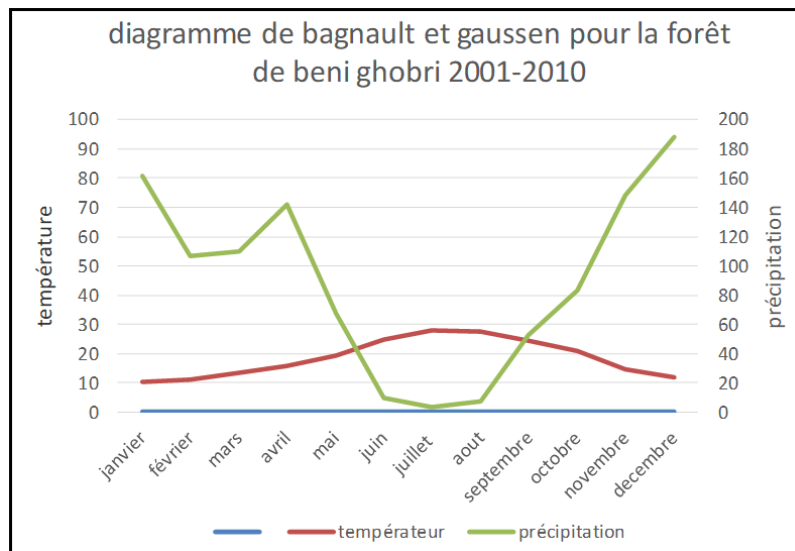


Figure 1 : Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussem (1953) de la forêt de Beni ghobri (2001-2010)

Les résultats du diagramme ombrothermique montre la durée de la saison sèche s'étalant sur une période de six mois et demi : de mi-mai à novembre.

6. Quotient pluviométrique et climagramme

La classification bioclimatique d'Emberger a été largement adoptée en région méditerranéenne.

Sur la base de Q, cinq étages bioclimat méditerranéen sont définis pour l'Algérie : saharien, aride, semi-aride, subhumide, et humide. Ils sont subdivisés en variantes sur la base des seuils thermiques de la température du mois le plus froids (m).

Le quotient pluviométrique d'Emberger permet de localiser la région d'étude parmi les différents étages et sous étages bioclimatiques.

CHAPITRE I : SYNTHESES BIBLIOGRAPHIQUES

Le quotient pluviométrique d'Emberger est déterminé grâce à la formule suivante :

$$Q_2 = 3,43 * (p / M - m)$$

Avec

P : précipitation moyenne annuelle en mm

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

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

P=1077,51 mm

M=27,7°C

m = 10,24°C

$Q_2 = 3,43 * (1077,51 / 27,7 - 10,24)$

$Q_2 = 211,67$

La valeur Q_2 , représenté par l'axe des Y, et les valeurs des températures minimales du mois le plus froid en abscisse permettent de positionner la forêt de beni-ghobri sur le climagramme d'Emberger dans l'étage bioclimatique humide à hiver chaud (Figure 2) ; (Kemmoum, 2022).

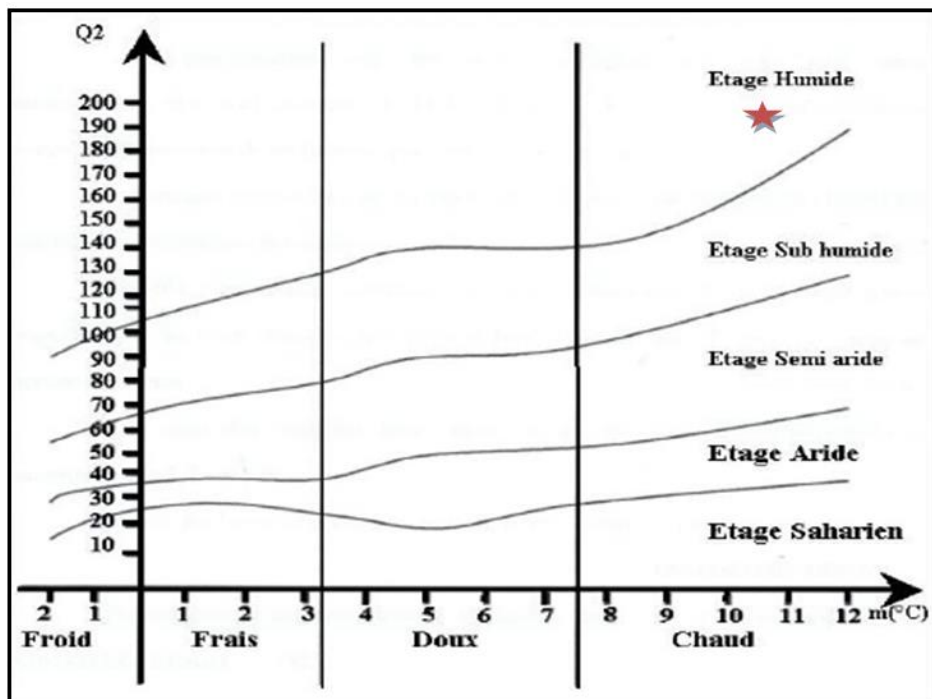


Figure 2 : Position de la forêt de Beni ghobri sur le climagramme d'Emberger

Matériels et méthodes

1. Introduction

L'étude de l'impact des activités humaines sur la biodiversité est essentielle pour comprendre leurs effets sur les écosystèmes naturels. Notre recherche se concentre sur la forêt des Beni-Ghobri, une région clé située dans le massif forestier de Yakouren, en Algérie. L'objectif est d'analyser l'effet de ces activités sur la biodiversité de la forêt des Beni-Ghobri en utilisant des indices écologiques spécifiques. Pour cela, nous avons développé une méthodologie en plusieurs étapes qui combine à la fois des approches quantitatives et qualitatives.

2. Présentation de la zone d'étude

En Algérie, dans la wilaya de Tizi Ouzou, se trouve le massif forestier de Beni-Ghobri comme illustré dans la figure 3, la zone d'étude couvrant une superficie de 6 939 hectares. Yakouren se distingue principalement par une futaie dense et un sous-bois pouvant former des chaînes mixtes comprenant le chêne afarès (*Quercus afares*), le chêne zeen (*Quercus canariensis*) et le chêne-liège (*Quercus suber*) (Bouedja & Abdelhakim, 2013)

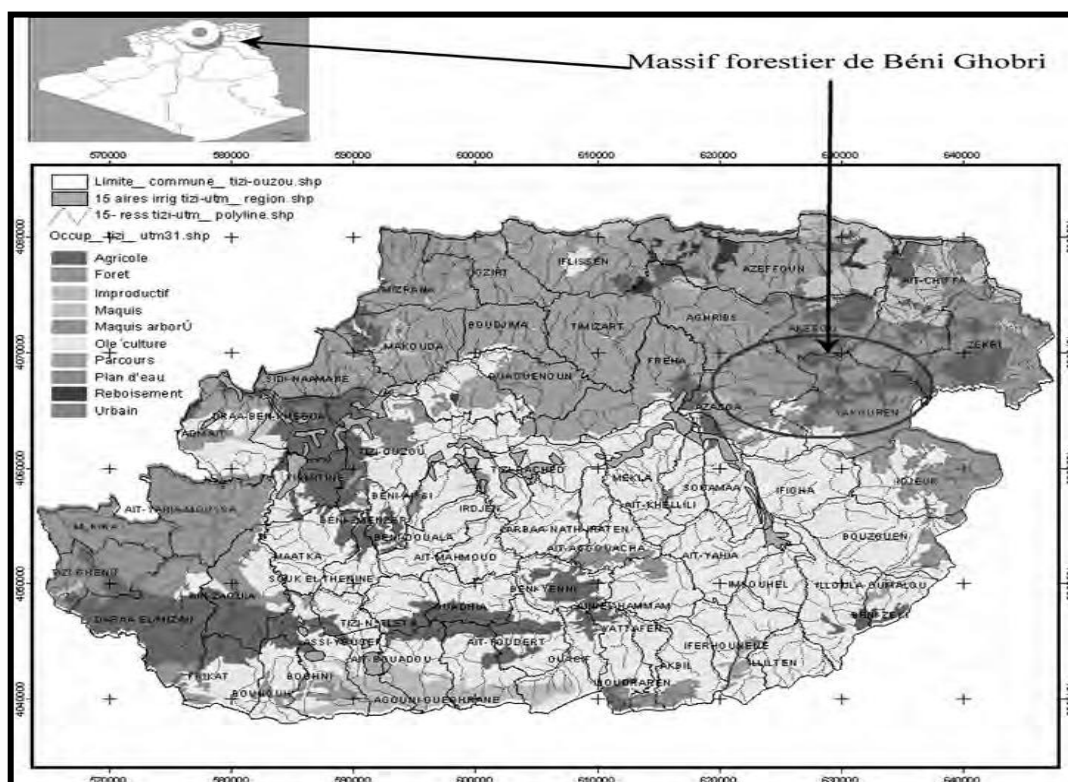


Figure 3 : Situation de la zone d'étude

3. Choix des stations et échantillonnage

Pour évaluer l'impact humain sur la biodiversité de la forêt des Beni-Ghobri, nous avons mis en place une méthodologie en plusieurs étapes, alliant des approches quantitatives et qualitatives.

Nous avons commencé par élaborer une carte de l'occupation des terres, utilisée comme point de départ pour notre étude. Cette carte préliminaire, créée à partir d'une image satellite, a considérablement facilité notre travail. Nous avons utilisé les bandes du satellite Sentinel-2 pour générer une composition en fausses couleurs : B8 (proche infrarouge), B4 (rouge) et B2 (bleu). Cette technique est particulièrement efficace pour améliorer les informations lithologiques et faciliter la discrimination visuelle des caractéristiques du sol (Bonn et al, 1992).

La composition en fausses couleurs attribue des couleurs artificielles aux différentes bandes spectrales pour produire une image colorée. Cette image, appelée composition colorée, utilise trois plans de couleur : rouge, vert et bleu. Les conventions habituelles attribuent la couleur rouge à la bande proche infrarouge, la couleur verte à la bande rouge et la couleur bleue à la bande verte, conformément aux recommandations de Poidevin (2000).

Nous avons ensuite adopté une méthode d'échantillonnage subjectif en sélectionnant des points dans chaque zone isophènes identifiée sur la composition colorée de l'image satellite Sentinel-2. Ainsi, nous avons identifié 30 échantillons sous forme de placettes de 400 mètres carrés chacune. Chaque placette a été dotée d'un numéro unique et d'une localisation précise pour en faciliter l'identification. Les données recueillies ont été intégrées dans la carte à l'aide du logiciel QGIS, ce qui a permis d'éviter toute confusion entre les stations d'échantillonnage et d'assurer une gestion précise des informations géographiques.

4. L'aire minimale

L'aire minimale est définie comme la plus petite superficie nécessaire pour représenter la majorité des espèces présentes dans une zone donnée. Selon Gounot (1969), cette notion prend également en compte les espèces en expansion et les critères d'homogénéité floristique. Pour notre étude, nous avons choisi de réaliser les relevés sur une surface de 400 m², en enregistrant toutes les espèces présentes sans en omettre aucune. Cette méthode, décrite par Braun-Blanquet (1952), Gounot (1969) et Guinochet (1973), permet de déterminer la surface minimale nécessaire pour représenter la majorité des espèces. La superficie minimale peut varier en fonction du nombre d'espèces annuelles observées lors des relevés. En utilisant la courbe aire-espèce, on identifie cette surface minimale, au-delà de laquelle le nombre

d'espèces observées n'augmente plus de manière significative (Gorenflot & De Foucault, 2005).

5. Méthode analytique des relevés

L'analyse de la composition floristique repose sur la méthode des relevés floristiques, spécifiquement la méthode de Braun-Blanquet, qui se base sur le concept d'association végétale. Cette dernière est définie comme un groupement relativement stable, en équilibre avec son environnement, caractérisé par une composition floristique spécifique où certains éléments distinctifs, par leur présence, révèlent une écologie particulière (Braun-Blanquet et *al.*, 1952, in Laribi, 2000).

Les relevés phytoécologiques ont été réalisés à la période optimale, à la mi-juin 2023, afin de capturer la présence maximale de toutes les espèces. Ces relevés comprennent diverses catégories d'informations essentielles :

- Le relevé : numéro du relevé et surface du relevé.
- Localisation précise : nom de la localité et coordonnées géographiques obtenues par GPS.
- Aspects écologiques : altitude, pente, exposition, et nature du substrat.
- Caractéristiques de la végétation : type de formation végétale, nombre de strates, hauteur des strates, et recouvrement total de la végétation.
- Composition floristique : liste des taxons classés par strates physiologiques, avec des indications quantitatives sur leur abondance-dominance.

6. Coefficient d'abondance-dominance de Braun-Blanquet (1959)

Le coefficient d'abondance-dominance, proposé par Braun-Blanquet en 1959, est un outil essentiel en écologie végétale pour évaluer la présence relative des espèces dans un habitat donné. Il permet d'estimer non seulement le nombre d'individus de chaque espèce, mais aussi la surface qu'ils occupent, offrant ainsi une vision globale de leur importance écologique au sein de la communauté végétale.

- Abondance : Caractère quantitatif qui correspond au nombre approximatif d'individus de chaque espèce.
- Dominance : Surface couverte par l'ensemble des individus de l'espèce considérée.
- Recouvrement : Surface occupée par les individus d'une espèce, estimée à partir de la projection de leur couverture foliaire sur le sol.

7. Échelle d'abondance-dominance selon Braun-Blanquet (1959)

L'échelle d'abondance-dominance développée par Braun-Blanquet en 1959 est une méthode couramment utilisée pour évaluer la présence relative des espèces dans un écosystème. Cette échelle combine deux aspects essentiels : le recouvrement, qui correspond à la surface occupée par les individus d'une espèce, et l'abondance, qui représente le nombre d'individus présents. L'objectif est de quantifier l'influence d'une espèce au sein d'une communauté végétale en tenant compte à la fois de sa densité et de la superficie qu'elle occupe.

- + : Recouvrement et abondance très faibles.
- 1 : Espèce très abondante mais avec un recouvrement faible, inférieur à 5 %.
- 2 : Espèce très abondante avec un recouvrement compris entre 5 % et 25 %.
- 3 : Recouvrement compris entre 25 % et 50 % ; abondance quelconque.
- 4 : Recouvrement compris entre 50 % et 75 % ; abondance quelconque.
- 5 : Recouvrement supérieur à 75 % ; abondance quelconque.

De plus, chaque espèce a été associée à un indice de sociabilité, défini comme suit :

- 5 : Les individus de l'espèce forment un peuplement continu, étendu et dense.
- 4 : Les individus forment un peuplement étendu ou de petites colonies.
- 3 : Les individus forment de petites plages assez nombreuses.
- 2 : Les individus sont en groupe détendu, restreint.
- 1 : Individu isolé.

8. Classification des Formations Végétales selon Ionesco et Sauvage (1962)

La classification des formations végétales est une étape cruciale pour comprendre et décrire la structure des écosystèmes naturels. Selon Ionesco et Sauvage (1962), les formations végétales peuvent être classées en différentes catégories en fonction de la hauteur des strates dominantes. Cette classification permet de différencier les types de végétation en fonction de leur structure, ce qui est essentiel pour les études écologiques et de gestion des habitats.

Les principaux types de formations végétales selon cette classification sont les suivants :

- Forêt : Les forêts sont caractérisées par une hauteur de végétation supérieure à 15 mètres. Elles représentent les écosystèmes les plus denses et les plus complexes en termes de strates végétales. Les forêts abritent une grande biodiversité, avec une stratification verticale qui permet la coexistence d'un large éventail d'espèces végétales et animales.
- Matorral : Les formations de type matorral sont des communautés végétales de hauteur moyenne, généralement comprises entre 4 et 7 mètres. Ces formations sont typiques des climats méditerranéens et semi-arides, où les conditions environnementales ne permettent pas le développement de forêts denses. Le matorral est souvent composé de buissons, d'arbustes,

et parfois de petits arbres, formant des paysages ouverts et hétérogènes. Ces formations jouent un rôle important dans la protection des sols contre l'érosion et fournissent des habitats essentiels pour de nombreuses espèces adaptées à ces conditions.

La classification de Ionesco et Sauvage reste une référence importante pour les chercheurs et les gestionnaires d'espaces naturels, permettant une meilleure compréhension des différents types de végétation et de leur rôle dans les écosystèmes.

9. Détermination Botanique des Espèces

La détermination botanique des espèces a été effectuée en utilisant la flore de Quézel et Santa (1962, 1963) pour identifier les espèces et leur chorologie. Pour le type biologique, nous avons adopté le système de Raunkiaer, qui est reconnu et largement accepté par la communauté scientifique. La nomenclature utilisée est basée sur les données de la flore d'Afrique du Nord (Dobignard, 2010).

La classification de Raunkiaer reste la méthode standardisée et acceptée par les scientifiques. Il est fondé sur une typologie des plantes selon la position des organes de survie (bourgeons) durant les saisons défavorables (froides ou sèches, selon le bioclimat). Cette classification biologique reflète l'adaptation des plantes aux conditions de leur milieu.

Un aspect crucial de l'approche phytosociologique est la prise en compte des types biologiques, tel que défini par Raunkiaer (1904, 1905) et comme le souligne Yefsah (2016). Cette approche permet de mieux comprendre l'équilibre adaptatif des plantes avec leur environnement.

10. Types Biologiques

Les types biologiques sont des classifications utilisées en écologie pour organiser les plantes en fonction de la position de leurs organes de survie, tels que les méristèmes et les structures de croissance. Le système de classification de Raunkiaer distingue plusieurs types biologiques, chacun correspondant à une stratégie particulière de survie et d'adaptation aux conditions environnementales.

Les principaux types biologiques de Raunkiaer sont les suivants :

- Phanérophytes : Ce sont des plantes dont les bourgeons de survie se situent bien au-dessus du sol. Les phanérophytes comprennent généralement des arbres et de grands arbustes, dont les organes de survie sont situés à une hauteur importante pour éviter les conditions défavorables près du sol.

- Chaméphytes : Ce sont des plantes dont les bourgeons se trouvent à moins de 50 cm au-dessus du sol. Les chaméphytes comprennent des petits arbustes et des plantes basses qui peuvent survivre aux conditions climatiques difficiles en restant proches du sol.
- Géophytes : Ces plantes possèdent des organes de survie sous terre, comme des tubercules ou des bulbes. Les bourgeons de rénovation sont situés dans le sol, ce qui permet à la plante de survivre aux périodes défavorables comme les sécheresses ou les hivers rigoureux.
- Hémicryptophytes : Ce sont des plantes dont les bourgeons de survie se trouvent juste au niveau du sol, souvent protégés par une couverture de feuilles ou de débris. Elles peuvent survivre aux conditions défavorables en restant au niveau du sol, ce qui les protège des conditions climatiques extrêmes.
- Thérophytes : Ce sont des plantes annuelles qui survivent uniquement sous forme de graines durant la saison défavorable. Les thérophytes complètent leur cycle de vie en une seule saison, en germent dès que les conditions deviennent favorables, ce qui est typique des environnements perturbés ou instables (Servent, 2020).

Cette classification permet d'analyser les stratégies adaptatives des plantes face aux variations climatiques et aux perturbations environnementales, fournissant ainsi des informations essentielles pour la gestion des écosystèmes et la conservation des espèces.

11. Le Spectre Biologique

Le spectre biologique est une mesure qui représente la proportion de chaque type biologique (phanérophytes, chaméphytes, hémicryptophytes, géophytes, thérophytes) au sein du couvert végétal d'une formation végétale. Il est utilisé pour caractériser la structure et la physionomie de la végétation d'un écosystème.

Pour calculer le spectre biologique, on se base sur des tableaux de végétation issus des relevés de terrain, qui listent les espèces présentes, leur type biologique et leur coefficient d'abondance-dominance. Le spectre brut est déterminé en comptant le nombre d'espèces appartenant à chaque type biologique, sans tenir compte de leur recouvrement (Jaziri, 2013).

L'analyse comparative des spectres biologiques entre différentes formations végétales permet de mettre en évidence leurs similarités et différences floristiques et structurales. Des tests statistiques peuvent être utilisés pour évaluer la significativité des écarts observés et pour déterminer si les différences entre les spectres sont statistiquement significatives (Aberlin et Daget, 2003).

12. Le Spectre Chorologique

Le spectre chorologique est une représentation graphique qui illustre la répartition géographique des espèces dans une région donnée, en fonction de leurs affinités écologiques. Il permet de classer les espèces selon leur chorologie, c'est-à-dire leur aire de répartition, et d'identifier les groupes dominants, tels que les espèces méditerranéennes, paléo-tropicales, etc., dans un écosystème spécifique.

Cette analyse est cruciale pour comprendre la biodiversité et les interactions écologiques au sein d'un habitat, car elle révèle comment les espèces se distribuent spatialement en fonction de leurs exigences écologiques et de leur adaptation aux conditions locales (Thiam, 2012).

13. Endémicité et Rareté

L'endémicité et la rareté sont des concepts liés mais distincts en biologie :

- Endémicité : Ce terme fait référence à une espèce ou à un taxon dont la répartition est naturellement restreinte à une zone géographique limitée ou à un habitat spécifique. Une espèce endémique n'existe que dans un endroit précis et nulle part ailleurs. Par exemple, certaines plantes peuvent être endémiques à une île ou à une région montagneuse.

- Rareté : Ce concept décrit une espèce dont la population est très limitée, même si elle peut se trouver dans plusieurs régions. Une espèce rare peut être endémique, mais ce n'est pas nécessairement le cas. La rareté peut être le résultat de facteurs naturels ou de menaces anthropiques, comme la destruction de l'habitat ou la pollution.

Ainsi, l'endémicité est liée à la répartition géographique restreinte d'une espèce, tandis que la rareté se réfère à un faible nombre d'individus ou à des occurrences limitées, indépendamment de la zone occupée. Les espèces endémiques sont souvent rares en raison de leur habitat limité, ce qui les rend particulièrement vulnérables aux perturbations environnementales (Kulbicki et al, 2018).

14. Les Indices de Diversité Écologique

Les indices de diversité écologique sont des outils fondamentaux pour évaluer la richesse et l'équilibre des communautés biologiques. Ils permettent de quantifier la diversité des espèces au sein d'un peuplement, en tenant compte à la fois du nombre d'espèces présentes et de leur répartition en termes d'abondance. Parmi ces indices, l'Indice de Shannon-Weaver est largement utilisé pour mesurer la diversité spécifique d'un écosystème.

14.1. Indice de Shannon-Weaver

L'Indice de Shannon-Weaver, proposé par Shannon et Weaver en 1949 et adapté à l'écologie par Ramade en 1984, est un outil qui quantifie la diversité spécifique d'une communauté en

prenant en compte le degré d'organisation et la répartition des individus entre les différentes espèces. Cet indice évalue la diversité en considérant à la fois la fréquence des espèces rares et celle des espèces abondantes.

L'indice de Shannon-Weaver (H') permet de calculer la diversité spécifique

$$H' = -\sum P_i \cdot \log_2(P_i)$$

P_i = l'abondance proportionnelle d'une espèce présente ($P_i = n_i/N$).

n_i = le nombre d'individus dénombrés pour une espèce présente.

N = le nombre total d'individus dénombrés.

S = le nombre total de la liste d'espèces présentes.

Cet indice fournit une mesure quantitative de la diversité spécifique, où une valeur élevée indique une grande diversité et une répartition plus équilibrée des individus entre les espèces, tandis qu'une valeur plus faible indique une dominance d'une ou quelques espèces.

L'indice de Shannon-Weaver est complété par l'indice de l'équitabilité qui est le rapport de la diversité spécifique à la diversité maximale (Barbault ; 1981).

14.2. Indice d'Équitabilité

L'Indice de Shannon-Weaver est souvent complété par un indice d'équitabilité, qui évalue à quel point les individus sont également répartis entre les différentes espèces. Cet indice est défini comme le rapport entre la diversité spécifique mesurée et la diversité maximale possible :

$$E = H' / H_{\max}$$

Cet indice varie donc entre 0 et 1, s'il tend vers $E=1$, alors les espèces présentes dans le peuplement ont des abondances identiques. S'il tend vers $E=0$, alors nous sommes en présence d'un déséquilibre ou une seule espèce domine tout le peuplement.

Ces indices fournissent des informations cruciales pour la gestion des écosystèmes, la conservation des espèces et l'évaluation de l'impact des changements environnementaux sur la biodiversité.

14.3. Indice de Perturbation

L'indice de perturbation est un outil important pour évaluer le niveau de perturbation au sein d'un écosystème, notamment dans les milieux steppiques où les conditions environnementales peuvent varier considérablement. Cet indice fournit une mesure de la stabilité de la communauté végétale en tenant compte de la proportion des espèces qui sont particulièrement sensibles aux perturbations.

Cet indice est un outil couramment utilisé pour évaluer la therophilisation d'un milieu (Loisel et Gomila, 1993). Il est formulé de la manière suivante :

$$\text{IP} = [(\text{N Chaméphytes} + \text{N Thérophytes}) / \text{N total des espèces}] \times 100$$

L'indice de perturbation reflète la proportion des espèces annuelles (thérophytes) et vivaces (chaméphytes) par rapport au nombre total d'espèces. Une valeur élevée de cet indice suggère un niveau élevé de perturbation, car les thérophytes et les chaméphytes sont souvent plus abondants dans des environnements perturbés. En revanche, un indice faible indique une communauté végétale plus stable et moins perturbée, avec une prévalence plus grande d'espèces pérennes et plus adaptées à des conditions stables.

En utilisant cet indice, les écologistes peuvent mieux comprendre comment les perturbations influencent la structure et la composition des communautés végétales dans les milieux steppiques, ce qui est crucial pour les stratégies de conservation et de gestion des habitats.

14.3.1. Principaux Facteurs Affectant l'Indice de Perturbation (IP)

L'indice de perturbation (IP) est principalement influencé par les pressions anthropiques et les conditions climatiques.

- Pressions anthropiques : Les activités humaines, telles que l'agriculture intensive, l'exploitation forestière, le pâturage et l'urbanisation, exercent une pression significative sur les écosystèmes. Ces interventions modifient la structure des communautés végétales en favorisant certaines espèces au détriment d'autres. Par exemple, l'agriculture et le pâturage peuvent privilégier les espèces annuelles (thérophytes) capables de coloniser rapidement les terres perturbées, tandis que les espèces vivaces (chaméphytes) peuvent être éliminées ou réduites. L'intensification de ces activités peut donc augmenter l'indice de perturbation en modifiant le rapport entre ces types d'espèces.

- Conditions climatiques : Les variations de température, les précipitations et les périodes de sécheresse jouent également un rôle crucial dans l'indice de perturbation. Les changements climatiques peuvent affecter la répartition et la croissance des espèces, entraînant des modifications dans la composition des communautés végétales. Par exemple, des périodes prolongées de sécheresse peuvent réduire la couverture des espèces vivaces, favorisant ainsi les espèces annuelles mieux adaptées aux conditions extrêmes. Les fluctuations climatiques influencent directement la dynamique des espèces et, par conséquent, l'indice de perturbation.

L'indice de perturbation est sensible aux modifications apportées par les activités humaines et aux fluctuations des conditions climatiques. Comprendre ces facteurs est essentiel pour évaluer les niveaux de perturbation dans les écosystèmes et pour élaborer des stratégies de gestion et de conservation adaptées.

Ces facteurs, souvent exacerbés par la croissance démographique et les pratiques d'exploitation des ressources, contribuent à une dégradation plus ou moins avancée des écosystèmes (Nedjmi et Guit, 2012).

15. Cartographie de l'occupation des terres

La cartographie de l'occupation des terres est une étape fondamentale pour comprendre et analyser la répartition des différents types d'usages du sol dans une région donnée. Elle permet d'illustrer visuellement comment les terres sont utilisées ou couvertes par divers types de formations végétales, structures humaines ou autres caractéristiques environnementales. Cette analyse est cruciale pour la gestion des ressources naturelles, l'urbanisme, et la planification environnementale.

16. Utilisation du logiciel QGIS

QGIS est un logiciel clé dans l'exploitation des Systèmes d'Information Géographique (SIG). Ce logiciel offre une plateforme robuste pour la gestion, le stockage, l'acquisition, la mise à jour et le traitement des données géographiques. Il fonctionne en intégrant des données géométriques et attributaires, organisées en couches distinctes. Chaque couche peut contenir différents types de données, telles que des cartes, des images satellites ou des bases de données vectorielles, permettant ainsi une analyse approfondie et une visualisation précise des informations géographiques (Guerreiro, 2009 in Mihi, 2012).

17. Création de la carte d'occupation des terres

Pour établir notre carte d'occupation des terres, nous avons utilisé QGIS, un logiciel SIG open source qui permet l'affichage et la manipulation de diverses couches d'informations géographiques, telles que des cartes, des orthophotographies et des bases de données vectorielles. QGIS est disponible gratuitement sur plusieurs plateformes, y compris Windows, Mac OS X et GNU/Linux, ce qui le rend accessible à une large audience. Grâce à ses fonctionnalités, nous avons pu créer une carte détaillée illustrant la répartition et l'utilisation des terres dans la zone d'étude, facilitant ainsi l'analyse des patterns d'occupation du sol et des interactions entre les différents types d'usages du sol.

18. Étapes de création de la carte de l'occupation des terres

La création d'une carte d'occupation des terres implique plusieurs étapes clés pour garantir une représentation précise et utile des données géographiques. Voici un aperçu détaillé des étapes suivies dans ce processus :

18.1. Numérisation des cartes :

Cette étape consiste à convertir les cartes papier en format numérique. Les documents papier sont scannés pour créer des images numériques qui serviront de base pour les étapes suivantes de la cartographie.

18.2. Calage des Cartes :

Le calage implique l'alignement des cartes scannées avec un système de coordonnées géographiques. On entre les coordonnées des points de référence sur l'image pour permettre à QGIS de réaliser les calculs géographiques nécessaires. Quatre points de calage sont définis pour chaque carte, avec une précision d'erreur nulle en pixels. La projection utilisée est le système UTM (Universal Transverse Mercator), qui couvre le monde en soixante fuseaux de six degrés de longitude chacun.

18.3. Digitalisation :

Également appelée numérisation, cette étape convertit les lignes cartographiques en coordonnées numériques pour représenter fidèlement les caractéristiques des lignes. Les sous-étapes incluent :

- Numérisation des Lignes Cartographiques : Les lignes présentes sur les cartes sont converties en coordonnées numériques.
- Création de Fichiers KMZ : Les objets géographiques sont dessinés et sauvegardés dans différents fichiers KMZ à l'aide de Google Earth.
- Importation dans QGIS : Les fichiers KMZ sont importés dans QGIS, où ils sont convertis en couches Shapefile (shp), tout en maintenant la projection UTM 31.
- Création des Couches Shapefile : Les fichiers KMZ sont rendus modifiables sous QGIS en suivant ces étapes : importer le fichier KMZ, cliquer avec le bouton droit de la souris sur le nom du fichier, choisir « enregistrer sous », et sélectionner le système de coordonnées de référence (SCR) EPSG : 4326, WGS84, correspondant à celui de la carte calée.

18.4. Création de la Base de Données :

Après avoir généré toutes les couches et tables nécessaires, nous avons intégré toutes les informations alphanumériques et les paramètres collectés sur le terrain pour constituer notre base de données.

18.5. Création de la Légende :

La légende est essentielle pour aider les utilisateurs à comprendre les différents éléments figurant sur la carte. Elle est créée à l'aide du menu de QGIS en sélectionnant l'icône « ajouter une légende » et en suivant les instructions pour créer et personnaliser les objets légendaires.

CHAPITRE II : MATERIELS ET METHODES

Ces étapes combinées permettent de créer une carte d'occupation des terres détaillée et fonctionnelle, facilitant l'analyse et la gestion des informations géographique.

Résultats et discussion

Dans ce chapitre, nous visons à présenter un panorama des interactions entre les facteurs écologiques et les groupements végétaux, en mettant en lumière comment ces facteurs influencent leur répartition. Cette analyse est cruciale pour l'aménagement forestier et pour une meilleure évaluation des potentialités forestières. En utilisant les zones isophènes définies sur le plan floristique, nous avons élaboré une carte d'occupation des sols qui sert plusieurs objectifs clés. Nous avons également employé des indices écologiques tels que l'indice de Shannon pour évaluer la diversité spécifique, l'indice d'équité pour mesurer la répartition uniforme des espèces, et l'indice de perturbation pour quantifier les impacts environnementaux sur les écosystèmes. Ces outils nous permettent d'évaluer la biodiversité en identifiant et en cartographiant les différents types de végétation, de fournir des données pour une gestion durable des ressources forestières et des sols, de surveiller les changements dans l'occupation des sols ainsi que leurs impacts environnementaux, et de soutenir la planification et la prise de décision pour un développement durable de la région.

1. Carte de l'occupation des terres

L'analyse de la carte d'occupation des terres a permis d'identifier trois principaux types de formations physionomiques : les matorrals, les forêts et les maquis, couvrant une superficie de 1 019 hectares. En outre, 195 hectares sont occupés par des tranchées pare-feu (TPF), des zones agricoles, des agglomérations et des sols nus. L'ensemble de ces formations couvre une superficie totale de 1 214 hectares, comme illustré à la figure 4.

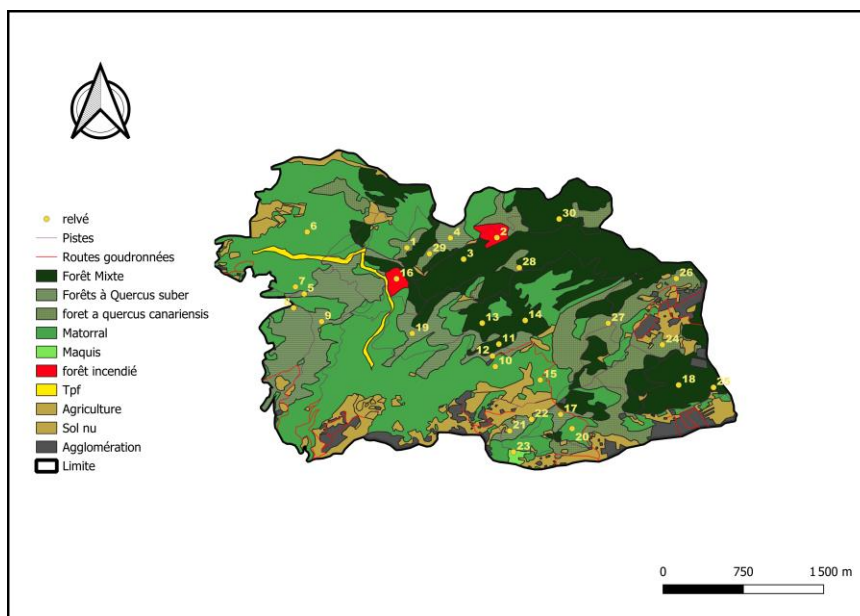


Figure 4: carte d'emplacement des relevées phytoécologiques dans la forêt de beni ghobri 2024 (Sentinel 2024)

1.1. Forêts

Ces formations couvrent une superficie totale de 737 hectares et se trouvent dans différentes expositions au sein de notre zone d'étude. En fonction de leur structure et de leur densité, nous avons identifié deux types de forêts :

- Forêts denses : Selon Ionesco et Sauvage (1962), ces formations se caractérisent par une forte concurrence entre les arbres, principalement au niveau des racines, avec un recouvrement du sol variant de 50 % à 75 %.
- Forêts assez claires : Dans ces forêts, la concurrence entre les arbres se limite principalement aux racines, et le recouvrement du sol ne dépasse pas 35 %.

Concernant la hauteur, nous avons recensé trois types de forêts :

- Forêts hautes : avec une hauteur supérieure à 14 mètres
- Forêts moyennes : avec une hauteur comprise entre 12 et 14 mètres
- Forêts basses : avec une hauteur comprise entre 7 et 12 mètres

1.1.1. Forêts mixtes

Les forêts mixtes couvrent une superficie de 303 hectares et se situent dans les cantons de Sidi Brahimi et Ain el Anœur. Elles comptent 30 espèces, dont *Cytisus villosus* Pourr., *Asphodelus ramosus* L., et *Erica arborea*. Ces forêts comme illustrées à la figure 5 dans se caractérisent par les types suivants :

a. Forêt dense et haute : Dominée par *Quercus canariensis* Willd. Et *Quercus suber* L., avec un sous-bois principalement composé de *Cytisus triflorus.*, *Erica arborea* L., et *Asphodelus ramosus* L.

b. Forêt claire et moyenne : Constituée principalement de *Quercus canariensis* Willd. Et *Quercus suber* L., avec un sous-bois comprenant *Asphodelus ramosus* L., *Cytisus triflorus.*, *Erica arborea*, et *Briza maxima*.

c. Forêt dense et moyenne : Composée de *Quercus canariensis* Willd. Et *Quercus suber* L., avec un sous-bois dominé par *Cytisus triflorus.*, *Myrtus communis* L., *Cadruus pycnocephalus*, et *Daphne gnidium* L.

Ces espèces sont représentatives d'un milieu méditerranéen thermophile, caractérisé par une végétation adaptée aux perturbations naturelles (telles que les incendies) et aux activités anthropiques (comme le pâturage). Elles reflètent la résilience de cet écosystème forestier face aux pressions extérieures (Bekdouche et *al.*, 2008).

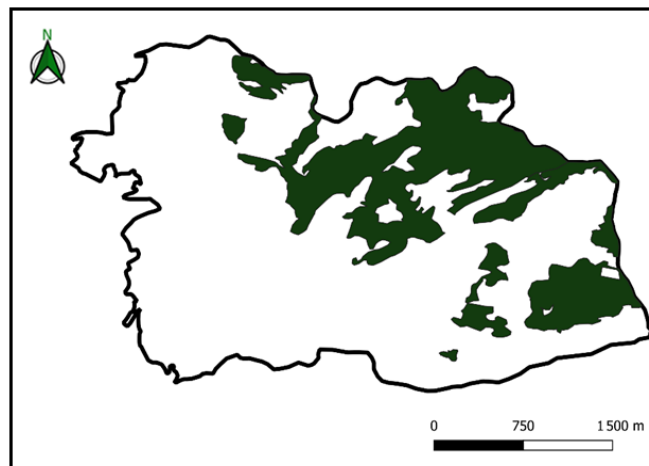


Figure 5: localisation des forêts mixtes

1.1.2. Forêts pures

Une forêt pure est un écosystème où une seule espèce d'arbres domine largement, avec peu ou pas de mélange significatif d'autres espèces. Ce type de forêt est souvent caractérisé par une uniformité dans la composition des arbres, ce qui peut avoir des implications pour la biodiversité et la résilience de l'écosystème. La superficie totale de ces forêts est de 434 hectares, incluant des forêts de *Quercus canariensis* Willd. Et de *Quercus suber* L.

1.1.2.1. Forêts de *Quercus canariensis* Willd.

Ces forêts couvrent une superficie de 136 hectares et se situent dans les cantons de Sidi Brahim, Ain el Anœur, et Aboud (figure 6). Elle abrite 52 espèces, dont *Phillyrea angustifolia* L., *Cytisus triflorus*. Elle se caractérise par les types suivants :

a. Forêt dense et moyenne de *Quercus canariensis* Willd., avec un sous-bois composé de *Phillyrea angustifolia* L., *Erica arborea* L., *Arbutus unedo* L., et *Briza maxima* L.

b. Forêt dense et haute de *Quercus canariensis* Willd., avec un sous-bois de *Cytisus triflorus*., *Cadruus pycnocephalus*, et *Campanula dichotoma* L.

c. Forêt claire et moyenne de *Quercus canariensis* Willd., avec un sous-bois incluant *Cytisus triflorus*., *Quercus coccifera* L., *Myrtus communis* L., et *Campanula dichotoma* L.

Ces espèces indiquent la présence de sols pauvres et bien drainés, adaptés à des conditions sèches et ensoleillées. *Phillyrea angustifolia* est particulièrement résiliente, tandis que *Cytisus triflorus* apporte une dynamique florale importante, et *Erica arborea* contribue à la couverture végétale (Bouazza et al., 2021).

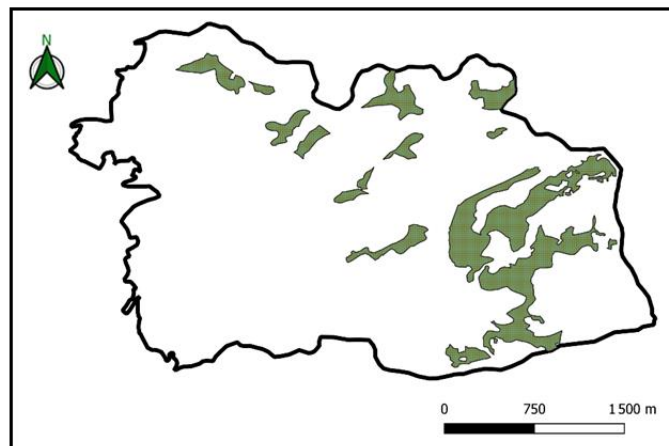


Figure 6: localisation des forêts de *Quercus canariensis* willd

1.1.2.2. Forêts de *Quercus suber* L

Elles s'étendent sur 131 hectares et se trouvent dans les cantons de Sidi Brahim, Ain El Anœur et Bouhini (figure 7). Composées de 48 espèces, telles que *Smilax aspera*, *Lavandula stoechas* et *Erica arborea*, ces forêts se présentent comme suit :

a. Forêt dense et moyenne à haute de *Quercus suber* L, avec un sous-bois comprenant *Smilax aspera* L, *Cytisus triflorus*., *Myrtus communis* L et *Viburnum tinus* L.

b. Forêt claire et basse à moyenne de *Quercus suber* L, avec un sous-bois constitué de *Lavandula stoechas*, *Daphne gnidium*, *Phillyrea angustifolia* L et *Myrtus communis* L.

c. Forêt dense et basse de *Quercus suber* L, avec un sous-bois comprenant *Erica arborea* L, *Asphodelus ramosus*, *Viburnum tinus* L et *Cadruus pycnocephalus*.

d. Forêt dense et basse à moyenne de *Quercus suber* L, avec un sous-bois constitué de *Cytisus triflorus*., *Briza maxima* L et *Andryala integrifolia* L.

e. Forêt claire et moyenne à haute de *Quercus suber* L, avec un sous-bois de *Cadruus pycnocephalus*, *Cytisus triflorus*., et *Cistus salvifolius* L.

f. Forêt claire et moyenne de *Quercus suber* L, avec un sous-bois comprenant *Campanula dichotoma* L, *Cistus salvifolius* L, *Phillyrea latifolia* L et *Smilax aspera* L.

Ces espèces témoignent de la richesse de l'écosystème méditerranéen. Elles sont adaptées aux conditions sèches et ensoleillées, favorisant ainsi une grande biodiversité. *Smilax aspera* apporte une dimension grimpante, tandis que *Lavandula stoechas* et *Erica arborea* enrichissent le sous-bois avec leurs caractéristiques aromatiques et florales. Ces espèces contribuent à la régénération du chêne-liège et à la stabilité de l'écosystème forestier (Debazac, 2021).

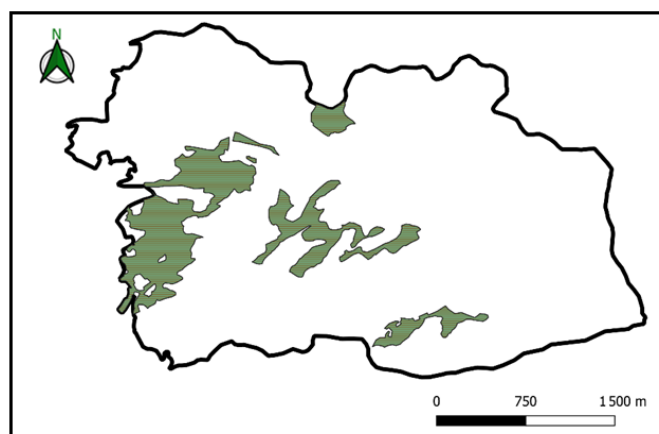


Figure 7: localisation des forêts de Quercus suber L

1.1.3. Les forêts touchées par des incendies

Nous avons identifié deux formations forestières affectées par des incendies :

a. Forêt mixte de *Quercus canariensis* Willd. Et *Quercus suber* L., touchée par un incendie en 2023.

b. Forêt de *Quercus suber* L, affectée par un incendie en 2021.

Ces forêts incendiées couvrent une superficie totale de 11 hectares et se situent dans les cantons de Sidi Brahim et Aboud (figure 8). Elles abritent 27 espèces végétales, parmi lesquelles les plus dominantes sont *Galactites tomentosus* Moench, *Phillyrea angustifolia* L., et *Cytisus triflorus*.

Ces espèces indiquent une dynamique de régénération post-incendie. Adaptées à des sols pauvres et à des conditions sèches, elles témoignent d'une grande résilience écologique. *Galacite tomentosus* est souvent un indicateur de perturbations, tandis que *Phillyrea angustifolia* et *Cytisus villosus* jouent un rôle crucial dans la stabilisation du sol et la recolonisation de l'espace après l'incendie (Guettas et *al.*, 2022).

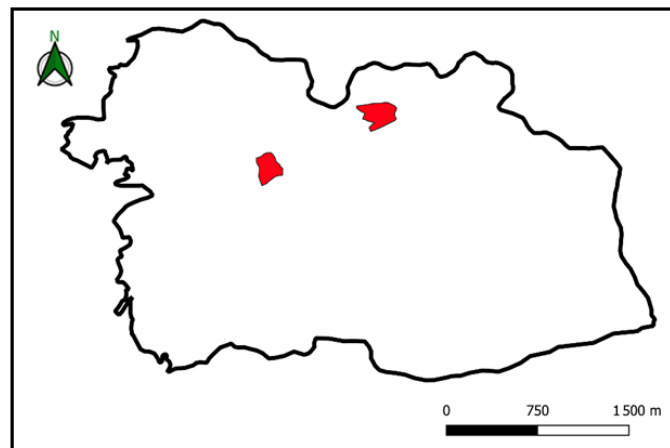


Figure 8: localisation des forêts incendies

1.2. Matorrals

Le terme « matorral » désigne des formations buissonnantes, principalement sempervirentes, qui jouent un rôle crucial dans la dynamique des formations arborescentes. Ces paysages, caractéristiques du bassin méditerranéen, se développent généralement avec une structure ramifiée dès la base, souvent à la suite de dégradations telles que les coupes ou les incendies, résultant de l'impact direct ou indirect de l'activité humaine sur les forêts climatiques (Sauvage, 1961).

Dans notre étude, ces formations couvrent une superficie de 436 hectares et se situent dans les cantons de Sidi Brahim, Ain El Ançeur et Aboud (figure 9). Elles comptent 31 espèces, dont *Lavandula stoechas* et *Pinus halepensis*. Les types de matorral observés sont :

a. Matorral clair et élevé, de *Quercus suber* L, avec un sous-bois comprenant *Lavandula stoechas* L, *Phillyrea latifolia* L et *Cadruus pycnoscephalus*.

b. Matorral élevé, de *Quercus suber* L, avec un sous-bois constitué de *Cistus salvifolius* L et *Asphodelus ramosus* L.

La présence de *Lavandula stoechas* et *Pinus halepensis* indique un écosystème méditerranéen résilient, adapté aux conditions climatiques sèches et chaudes. *Lavandula stoechas* est souvent associée aux sols pauvres et bien drainés, tandis que *Pinus halepensis* est une espèce de pin

typique des zones arides, contribuant à la biodiversité. Ensemble, ces espèces révèlent une dynamique de régénération et une adaptation aux perturbations environnementales, telles que les incendies, tout en favorisant la stabilité du sol et la diversité floristique de la région (Yefsah, 2016).

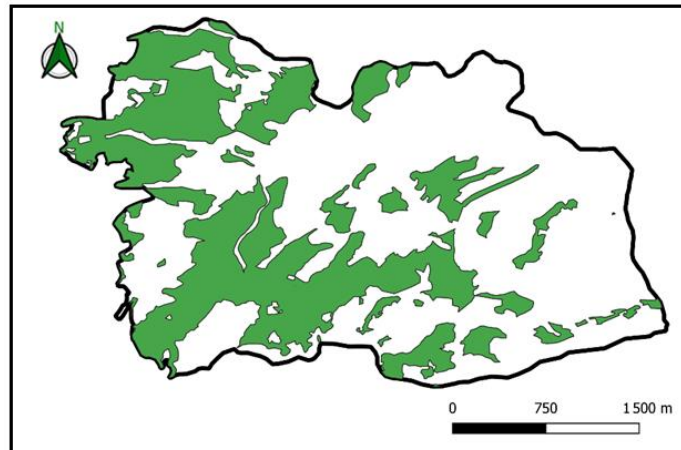


Figure 9: localisation des matorrals

1.3. Maquis

Cette formation, qui couvre la plus petite superficie de 2 hectares, se situe au sud de notre zone au niveau du canton de Ain El Anseur (figure 10) et comprend 9 espèces, et est représentée par :

- **Maquis moyen à élever de *Quercus suber* L.**, avec un sous-bois composé de *Cytisus triflorus*. Et *Cistus monspeliensis* L.

Ces espèces sont adaptées aux conditions sèches et souvent perturbées. Elles montrent une grande résilience et favorisent la biodiversité, indiquant une régénération après des perturbations telles que les incendies. *Cistus monspeliensis*, en particulier, est souvent dominant dans ces habitats, ce qui témoigne de la capacité du maquis à maintenir un écosystème dynamique (Aggoun, 2020).

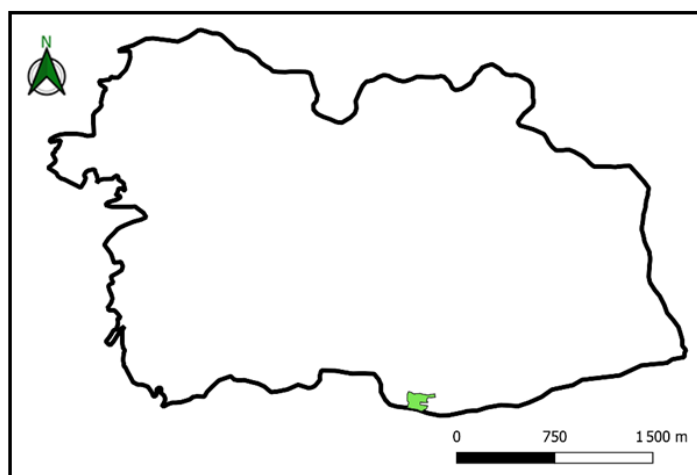


Figure 10: localisation du maquis

1.4. Autres occupations

Il s'agit des tranchées pare-feu (TPF), des zones agricoles, des agglomérations et des sols nus, qui couvrent une superficie de 195 hectares.

1.4.1. Tranchées pare-feu

Ces tranchées pare-feu (TPF) sont essentielles pour la prévention et la gestion des incendies, car elles créent des barrières efficaces contre la propagation du feu. Elles jouent un rôle crucial dans la protection des écosystèmes forestiers environnants ainsi que des zones habitées. La TPF identifiée dans notre zone d'étude est une bande relativement étroite (4 à 10 m de large) qui couvre une superficie de 11 hectares et se situe dans la partie ouest de la zone d'étude (figure 11).

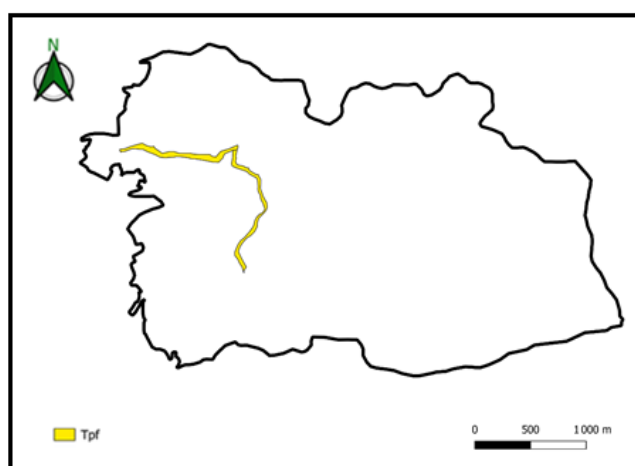


Figure 11: localisation des tranchées par feu

1.4.2. Les zones agricoles

L'agriculture englobe toutes les activités humaines visant à cultiver des terres pour produire des végétaux et élever des animaux utiles à l'homme. Dans la forêt de Beni Ghobri, l'agriculture se caractérise par une forte vocation agroforestière, bien que le taux d'activité agricole soit relativement faible. Les zones agricoles couvrent une superficie de 84 hectares, principalement situées dans la partie sud, avec quelques poches à l'est et à l'ouest (figure 12).

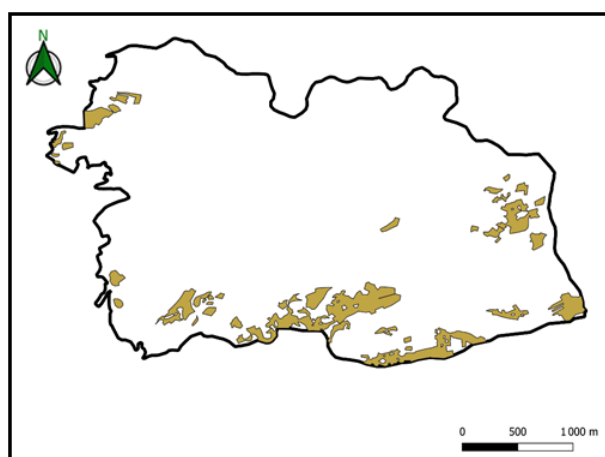


Figure 12: localisation des zones agricoles

1.4.3. Sols nus

Les sols nus dans la forêt de Beni Ghobri sont principalement des sols lessivés et acides, présentant une texture limono-sableuse en surface. Ces sols sont affectés par des pratiques néfastes telles que les incendies de forêt et le défrichage, ce qui contribue à leur dégradation (Bouedja, 2012). Leur superficie est de 46 hectares (figure 13).



Figure 13: localisation des sols nus

1.4.4. Les agglomérations

L'agglomération dans la forêt de Beni Ghobri est caractérisée par une population ayant historiquement dépendu des ressources forestières, telles que le bois et le liège (Bouedja, 2013). Les habitations, qu'elles soient individuelles, groupées ou dispersées, s'étendent sur les collines côtières. Elles sont généralement situées en périphérie des agglomérations semi-urbaines et présentent une extension moins marquée que celle des villes côtières (Belkaid, 2016). Située dans la partie sud et sud-ouest, la superficie totale de cette agglomération est de 54 hectares (figure 14).

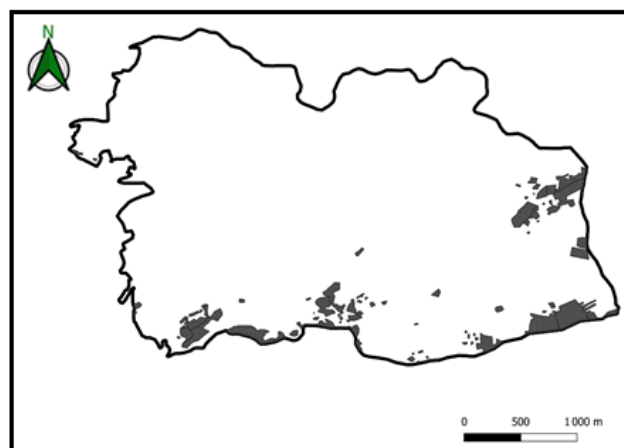


Figure 14: localisation des agglomérations

1.4.5. Routes et pistes

La forêt de Beni Ghobri est traversée par plusieurs routes et pistes qui facilitent l'accès à ses ressources naturelles. Ces infrastructures sont essentielles pour les activités économiques,

telles que la récolte de bois et de liège. Le relief accidenté de la région influence la conception et l'entretien de ces voies (figure 15). Les routes principales relient la forêt aux villages environnants et aux axes routiers majeurs, tandis que les pistes offrent un accès plus direct aux zones forestières, soutenant ainsi les activités de récolte et de tourisme (Badkouf, 2021).

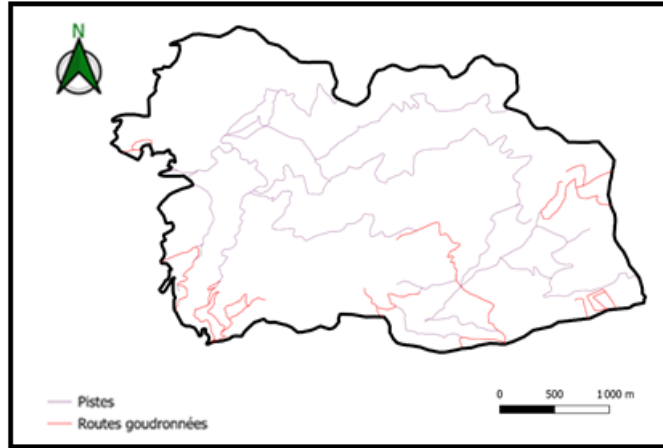


Figure 15: localisation des routes et pistes

2. Diversité des écosystèmes et floristiques par cantons

Dans notre zone d'étude, qui s'étend sur une superficie totale de 1214 hectares, nous avons réalisé un inventaire approfondi des espèces présentes. Cette zone est divisée en quatre cantons distincts ((Sidi brahimi, Ain el Anœur, Bouhini et Aboud), chacun offrant des caractéristiques écologiques uniques et des conditions variées pour la biodiversité (figure 16).

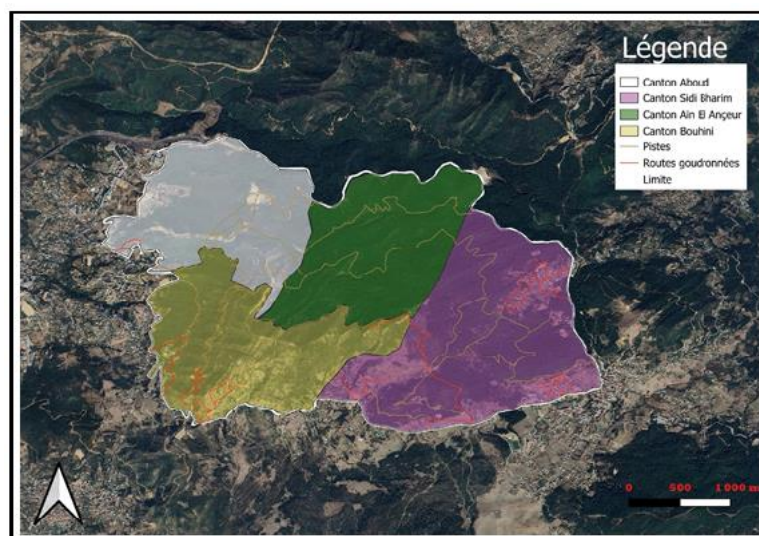


Figure 16: répartition des cantons

Au total, notre inventaire a permis d'identifier 76 espèces réparties de manière hétérogène parmi ces quatre cantons. Cette diversité met en lumière la complexité écologique de la zone d'étude et souligne l'importance de chaque canton dans le maintien de l'équilibre écologique régional.

Cette répartition des espèces non seulement reflète la richesse biologique de notre zone d'étude, mais elle fournit également des indications précieuses pour des efforts de conservation ciblés et pour une gestion durable des habitats.

2.1. Canton Sidi Brahimi

Le canton de Sidi Brahimi, couvrant une superficie de 403 hectares, se caractérise par une grande diversité de formations végétales méditerranéennes. On y trouve des forêts de chêne-liège (*Quercus suber* L), des chênaies mixtes, des maquis, des matorrals, ainsi que des forêts de chêne-canariensis (*Quercus canariensis* Willd). Ce canton abrite 37 espèces végétales différentes, illustrant sa richesse écologique.

Ces formations végétales contribuent collectivement à la richesse écologique du canton et à sa résilience face aux conditions environnementales variées.

2.2. Canton Ain el Anœur

Le canton d'Ain el Anœur, qui s'étend sur 259 hectares, présente une riche diversité d'écosystèmes forestiers et de formations végétales. On y trouve des forêts de *Quercus suber*, des matorrals de *Quercus suber* L., des forêts de *Quercus canariensis*, ainsi que des forêts mixtes, mais aussi une forêt touchée par les incendies.

Ce canton abrite 54 espèces végétales, illustrant la diversité et la complexité de ses écosystèmes forestiers.

2.3. Canton Aboud

Le canton Aboud, couvrant une superficie de 266 hectares, abrite une riche diversité de formations végétales méditerranéennes, incluant 36 espèces végétales distinctes. Les principaux types de végétation présents dans ce canton sont les forêts de *Quercus canariensis* Willd., les matorrals de *Quercus suber* L., ainsi que la seconde forêt ayant subi un incendie.

Le canton Aboud se distingue par sa diversité floristique et la complexité des interactions entre espèces, influencées par les conditions environnementales ainsi que par les perturbations telles que les incendies.

2.4. Canton Bouhini

Le canton Bouhini, couvrant 286 hectares, est caractérisé par une faible diversité floristique avec seulement 23 espèces et se compose exclusivement de forêts de *Quercus suber* L.

Ce canton est le moins diversifié de la région, avec une végétation principalement dominée par le chêne-liège et un sous-bois relativement simple, mais les interactions entre les espèces présentes jouent un rôle important dans la dynamique et la résilience de cet écosystème forestier méditerranéen.

3. Analyse floristique de la zone d'étude

L'analyse floristique d'une zone d'étude a pour objectif de comprendre la diversité, la structure et les interactions des espèces végétales présentes. Elle cherche à identifier les espèces végétales et leur abondance, à examiner les relations écologiques entre elles ainsi que les influences des conditions environnementales. En évaluant la structure végétale et en observant les impacts des perturbations comme les incendies ou les activités humaines, cette analyse fournit des informations essentielles pour la conservation, la gestion durable des écosystèmes et la recherche scientifique. Les méthodes utilisées incluent des relevés sur le terrain, l'analyse de la diversité et l'étude des relations écologiques, offrant ainsi des bases solides pour protéger et gérer les ressources naturelles.

3.1. Type biologique

La dominance d'un type biologique est cruciale pour caractériser et nommer une formation végétale. Dans la région d'étude, nous observons une prédominance notable des hémicryptophytes et des thérophytes, qui représentent respectivement 35 % et 30 % de la couverture végétale. La présence élevée de ces types biologiques peut indiquer une perturbation récente, une dégradation de la forêt, ou des conditions édaphiques particulièrement favorables à ces espèces.

Les thérophytes, avec leur forte proportion, sont souvent des indicateurs de milieux perturbés ou de conditions environnementales variables, où ils exploitent des opportunités temporaires pour se développer. Les hémicryptophytes, quant à eux, sont adaptés à des environnements où les conditions peuvent fluctuer, souvent en réponse à des perturbations.

En troisième position, les phanérophytes représentent 11 % de la végétation. Ce type biologique, caractérisé par des plantes avec des parties aériennes persistantes, suggère une présence significative d'arbres ou d'arbustes dans la région, mais leur proportion plus faible par rapport aux thérophytes et hémicryptophytes pourrait refléter des conditions moins favorables ou une histoire de perturbations.

Enfin, les géophytes et les chaméphytes occupent respectivement 13 % et 5 % chacun. Les chaméphytes, qui sont des plantes dont les parties végétatives restent au niveau du sol pendant les périodes défavorables, et les géophytes, qui stockent des réserves nutritives dans des

organes souterrains, indiquent des adaptations spécifiques à des conditions environnementales particulières, souvent liées à des périodes de sécheresse ou à des sols moins profonds.

Les données présentées dans le Tableau II et la Figure 17 illustrent cette répartition des types biologiques, mettant en lumière les caractéristiques écologiques et les conditions environnementales de la zone d'étude.

Tableau II : Le nombre et le pourcentage de chaque type biologique

Type biologique	Nombre d'espèces	le pourcentage
Hémicryptophytes	22	35%
Thérophytes	19	30%
Phanérophytes	11	17%
Géophytes	8	13%
Chaméphytes	3	5%

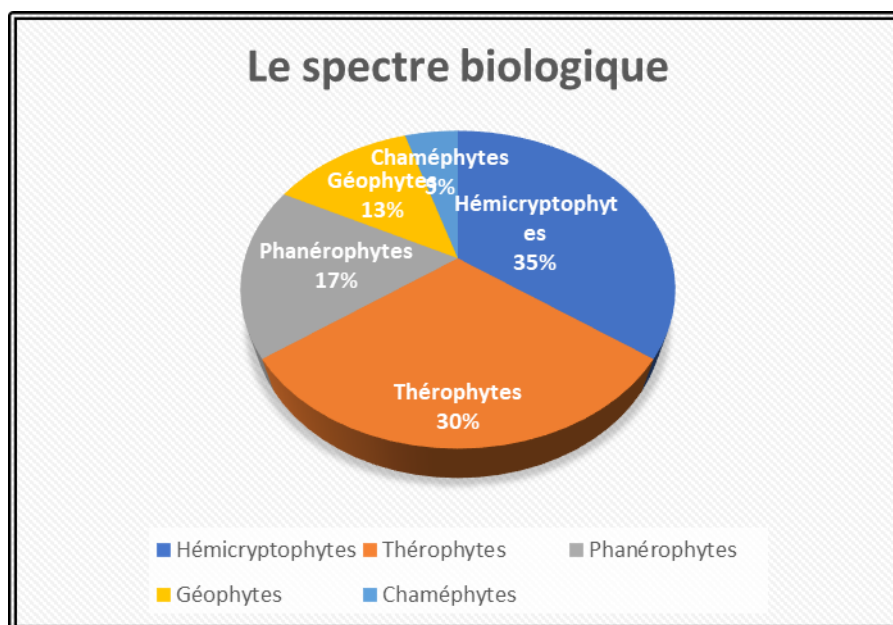


Figure 17: le spectre biologique de la région d'étude

3.2. Le spectre chorologique

L'analyse biogéographique des essences actuelles sur le pourtour méditerranéen peut éclairer les modalités de leur établissement (Barbero *et al.*, 1995) ainsi que leur régression, tout en contribuant aux efforts de conservation de la biodiversité (Quezel, 1991). Selon Quezel et

CHAPITRE III : RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

Médail (2003), la région méditerranéenne abrite trois grands ensembles phytogéographiques qui forment la base de sa flore spécifique :

- Un ensemble de souche holarctique, regroupant les espèces européennes et eurasiatiques.
- Un ensemble de souche méridionale, différencié à partir de la flore des zones chaudes.
- Un ensemble de souche méditerranéenne (Yefsah, 2016).

Dans notre zone d'étude, les espèces de souche méditerranéenne prédominent avec 59,18 % de la couverture végétale. Elles constituent les principales unités forestières de la région méditerranéenne. Les éléments septentrionaux arrivent en deuxième position avec 31,54 %, suivis des espèces à large répartition, qui représentent 7,88 %.

Tableau III : Types chorologiques

Types chorologiques	Nombre taxon	%
Méditerranéen S.L	45	59,18%
Méd	29	38,15%
W-méd	9	11,84%
Méd- Atl	4	5,26%
Cent-Méd	1	1,31%
Madère-Eur-Méd	1	1,31%
Bético-maghreb	1	1,31%
End	1	1,31 %
Septentrional	24	31,54%
Eura	10	13,15%
Eur-méd.	5	6,57%
Paléo-Temps	1	1,31%
Europ	2	2,63%
Circomboréal	2	2,63%
Paléo-Substrop	1	1,31%
Circumèd	3	3,94%
Large répartition	6	7,88%
Cosmopolite	3	3,94%
Sub-cosmop	3	3,94%
Total	76	100

Méd = Méditerranéen, Eura =Eurasiatique, Eur = Européen, Paléo-temp = Paléo- tempéré, Cent- Méd = centre Méditerranéen, Atl = Atlantique, Bét- maghreb = Bético maghreb,

Madère-Eur-méd = Madère-Européen-Méditerranéen, paléo_substrop = Paléo subtropicale, Sub-cosmop = Sub cosmopolite.

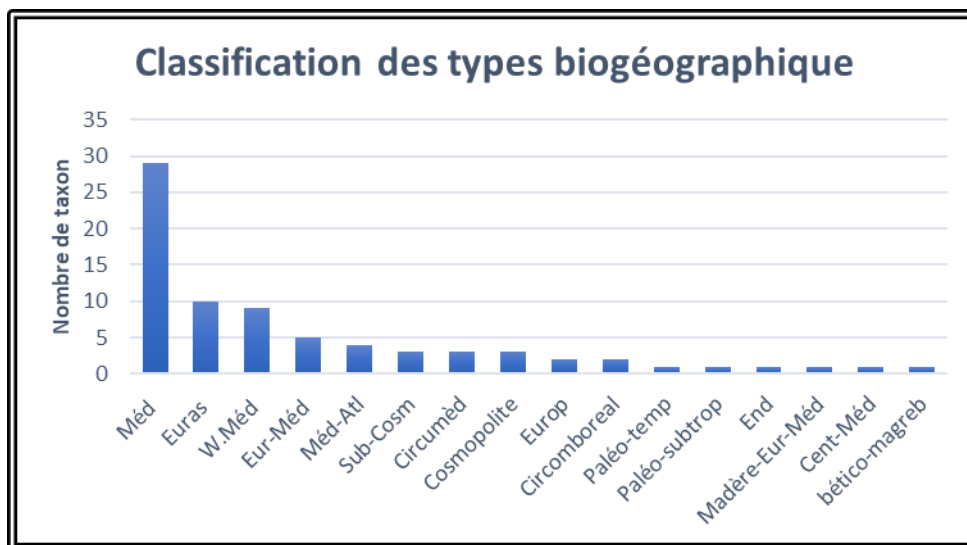


Figure 18 : le spectre chorologique de la flore

Pour notre zone d'étude les éléments de souche méditerranéenne dominant, ces éléments constituent les unités forestières dominantes de la région méditerranéenne, les éléments d'Eurasiatique viennent en deuxième position, suivis de ouest Méditerranéen et Européen-méditerranéen qu'il conviendrait de prendre en considération vue leur valeur patrimoniale les autres éléments ont des taux faibles.

3.3. Endémicité et rareté

La fréquence (catégorie de rareté ou d'abondance) des espèces dans la flore selon Quézel et Santa (1962-1963) est représentée par une nomenclature codifiée en six catégories : très rare (RR), rare (R), assez rare (AR), assez commun (AC), commun (C), très commun (CC), et exceptionnellement commun (CCC). Les fréquences des espèces dans la région d'étude sont illustrées dans la figure 19.

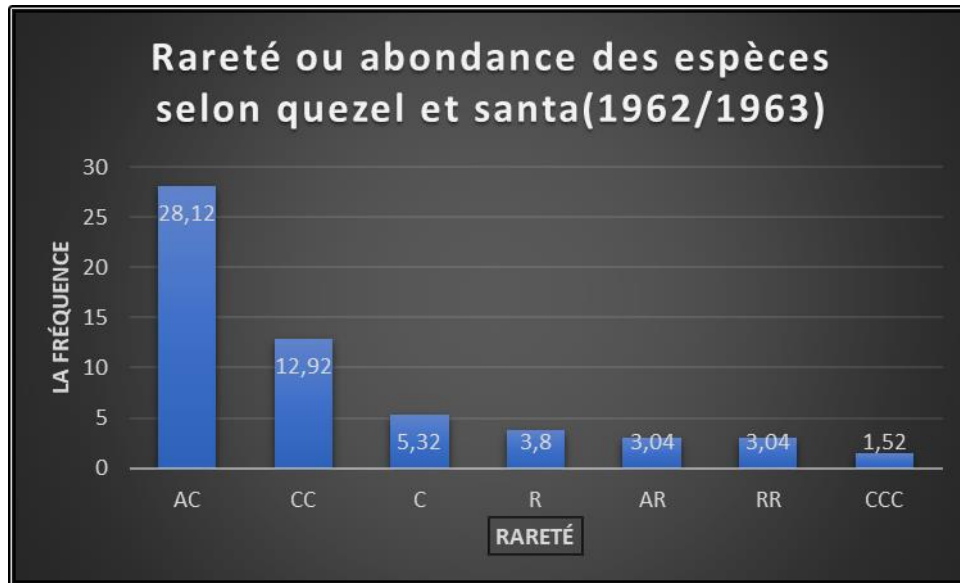


Figure 19: rareté ou abondance des espèces selon (Quezel et Santa1962 /1963)

Il apparaît que près de 28,12 % des espèces sont classées comme assez communes, suivies par 12,92 % considérées comme très communes, et 5,32 % comme communes, tandis que 1,52 % sont particulièrement répandues. En revanche, les espèces rares représentent 3,8 %, celles assez rares 3,04 %, et les espèces très rares 3,04 %.

Les espèces rares sont souvent jugées menacées, car les critères de la liste rouge de l'UICN incluent des indicateurs de population.

Dans notre zone d'étude, les 3,8 % d'espèces rares incluent : *Carex sylvatica* Huds., *Quercus suber* L., et *Trifolium campestre* Schreb.

Les 3,04 % d'espèces assez rares comprennent : *Trifolium pratense* L., *Trifolium arvense* L., *Prunella vulgaris* L., *Genista ulicina* Spach, *Ampelodesmos mauritanus* (Poir.) T. Durand & Schinz.

Les 3,04 % d'espèces très rares sont : *Crataegus monogyna*, *Dittrichia viscosa* (L.) Greuter, *Drimia maritima* (L.) Stearn, *Eryngium tricuspdatum* L.

En ce qui concerne l'endémicité, abordée sous l'aspect chorologique, les espèces endémiques présentent une grande valeur biogéographique. De nombreuses d'entre elles font face à des menaces souvent très sérieuses (Quezel et *al.*, 2003).

3.4. Indice de perturbation (IP)

L'indice de perturbation (IP) est un outil quantitatif utilisé pour mesurer le niveau de perturbation dans un écosystème. Il offre une évaluation de la manière dont les perturbations environnementales affectent la composition floristique d'une zone, en mettant l'accent sur la présence d'espèces adaptées à des conditions perturbées.

IP= (Chaméphytes + Thérophytes) / nombre totale d'espèces x100

IP= (3+19) / 76 x 100 = 28,94 %

Un indice de perturbation de 28,94 % indique un niveau significatif de perturbations qu'elles soient naturelles ou anthropiques. Ce chiffre peut refléter des impacts tels que la fragmentation de l'habitat, la déforestation ou des événements climatiques extrêmes affectant la biodiversité et la santé des écosystèmes forestiers.

3.4.1. Signification de l'Indice

La haute proportion de thérophytes et chaméphytes indique que l'écosystème a subi des perturbations importantes. Les thérophytes, en particulier, sont souvent des indicateurs de milieux récemment perturbés ou instables, car ils sont capables de coloniser rapidement les espaces ouverts. Les chaméphytes, quant à eux, sont adaptés aux conditions difficiles et persistantes.

Cette proportion élevée peut signaler une perte de diversité des espèces plus sensibles et moins adaptées aux perturbations. Les espèces spécialisées ou peu résistantes peuvent diminuer, réduisant ainsi la biodiversité globale.

La présence dominante de ces types d'espèces reflète un environnement qui a été modifié ou dégradé par des perturbations humaines ou naturelles.

Le surpâturage par le bétail peut compresser le sol et limiter la croissance des espèces plus sensibles. Cela crée des conditions favorables aux espèces chaméphytes et thérophytes qui peuvent tolérer ou profiter des perturbations fréquentes.

Les incendies modifient la structure du sol et la composition de la végétation. Les espèces adaptées aux incendies ou capables de se régénérer rapidement après un feu deviennent plus courantes dans ces environnements.

Les activités telles que la déforestation, l'agriculture intensive, ou l'urbanisation peuvent également contribuer à une dégradation des habitats et favoriser des espèces adaptées à des environnements perturbés.

Un indice élevé de perturbation peut affecter la résilience de l'écosystème forestier, rendant la forêt plus vulnérable aux invasions d'espèces non indigènes, aux maladies et aux autres stress environnementaux. La structure de la forêt peut également être altérée, influençant les fonctions écologiques telles que la régulation du climat, la conservation de l'eau, et les cycles des nutriments.

3.5. Indice de Shannon

L'indice de Shannon, également connu sous le nom d'indice de Shannon-Weaver, est un outil couramment utilisé pour mesurer la diversité spécifique au sein d'un écosystème. Il évalue non seulement le nombre d'espèces présentes (richesse spécifique), mais aussi la répartition des individus entre ces espèces (équitabilité). Cet indice permet ainsi de quantifier la complexité et l'équilibre de la structure d'un peuplement écologique.

La formule de l'indice de Shannon est :

$$H' = -\sum_{i=1}^S P_i \cdot \log_2(P_i) \quad si \ i = l$$

P_i = l'abondance proportionnelle d'une espèce présente ($P_i = n_i/N$).

N_i = le nombre d'individus dénombrés pour une espèce présente.

N = le nombre total d'individus dénombrés.

S = le nombre total de la liste d'espèces présentes.

L'indice de Shannon-Weaver est complété par l'indice de l'équitabilité qui est le rapport de la diversité spécifique à la diversité maximale (Barbault ; 1981), représenté par la formule suivante :

$$E = H'/H_{\max}$$

Cet indice varie donc entre 0 et 1, s'il tend vers $E = 1$, alors les espèces présentes dans le peuplement ont des abondances identiques. S'il tend vers $E = 0$, alors nous sommes en présence d'un déséquilibre ou une seule espèce domine tout le peuplement.

Dans notre zone d'étude on a calculé l'indice de Shannon qui est :

$$H' = 1,87$$

$$E = 0,43$$

On constate que l'indice d'équitabilité tend vers 0, par conséquent présence d'un déséquilibre dans la structure du peuplement, avec une ou plusieurs espèces qui occupent une place prépondérante.

L'indice de Shannon dans notre zone indique un certain niveau de diversité dans l'écosystème, bien que modéré. Il reflète une richesse en espèces qui est relativement diversifiée, mais pas extrêmement élevée.

L'indice d'Équitabilité indique une répartition inégale des individus entre les espèces. Cela suggère qu'une ou plusieurs espèces dominent le peuplement, tandis que d'autres sont présentes en moindre nombre. Une valeur aussi basse signale un déséquilibre important dans la structure du peuplement.

CHAPITRE III : RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

Ce déséquilibre peut être dû à divers facteurs environnementaux ou écologiques, tels que la compétition, les préférences habitat spécifiques des espèces dominantes, ou des perturbations environnementales.

Il est essentiel de surveiller ces déséquilibres pour comprendre les dynamiques écologiques en jeu et pour élaborer des stratégies de gestion visant à maintenir ou améliorer la diversité et la santé de l'écosystème.

CONCLUSION GENERALE

Notre étude, axée sur l'impact humain sur la biodiversité floristique de la forêt de Beni Ghobri, s'inscrit dans un contexte de préservation et de gestion durable. La sélection de cette forêt, située dans la région de la Kabylie, s'explique par son importance écologique et sociétale. L'objectif principal de cette recherche a été d'examiner les interactions entre les facteurs écologiques et les groupements végétaux, ainsi que d'évaluer comment ces facteurs influencent leur répartition.

La cartographie de la forêt domaniale de Beni Ghobri, réalisée à l'aide d'images satellites et du système d'information géographique, révèle son rôle crucial dans l'équilibre environnemental et socio-économique du nord de l'Algérie. Cette approche nous a permis de produire une carte détaillée de l'occupation du sol, essentielle pour surveiller l'évolution des infrastructures et des unités de végétation à court, moyen et long terme.

L'approche phytoécologique adoptée a permis d'identifier et de localiser avec précision les différentes formations végétales, mettant en lumière la richesse floristique de la forêt. Notre inventaire a recensé 119 espèces réparties de manière hétérogène, fournissant des indications précieuses pour des efforts de conservation ciblés et une gestion durable des habitats.

Une analyse quantitative et qualitative de cette flore a été effectuée pour comprendre la diversité, la structure et les interactions des espèces végétales, identifier leur abondance et examiner les relations écologiques entre elles. Le cortège végétal de Beni Ghobri révèle que les espèces présentes contribuent à la résilience de la forêt face aux perturbations, telles que les incendies. Le sous-bois, en enrichissant le sol et soutenant la régénération des chênes, renforce la stabilité de l'écosystème.

L'analyse selon la classification biologique de Raunkiaer montre une dominance des hémicryptophytes (35%) et des thérophytes (30%), ce qui indique une perturbation récente ou une dégradation de la forêt, ainsi que des conditions édaphiques favorables. Sur le plan chorologique, la souche méditerranéenne est prédominante, suivie des souches eurasiatiques et ouest-méditerranéennes.

Concernant l'endémicité et la rareté, nous avons observé que 47,88% des espèces sont communes, tandis que les espèces rares représentent 9,88% (données extraites de la Nouvelle Flore d'Algérie et des Régions Désertiques de Quezel et Santa, 1962-1963). Cette codification est parfois considérée comme subjective par les scientifiques.

CONCLUSION GÉNÉRALE

Les indices de perturbation et de diversité ont fourni des informations clés sur l'état de la forêt. L'indice de perturbation, à 28,94%, indique un niveau significatif de perturbations qu'elles soient naturelles ou anthropiques. Ce chiffre peut refléter des impacts tels que la fragmentation de l'habitat, la déforestation ou des événements climatiques extrêmes affectant la biodiversité et la santé des écosystèmes forestiers. L'indice de Shannon reflète une diversité relativement élevée des espèces, tandis que l'indice d'équitabilité indique un déséquilibre dans la structure du peuplement, avec une répartition inégale des individus.

En somme, cette étude souligne l'importance de la forêt de Beni Ghobri dans le maintien de la biodiversité et la nécessité d'une gestion prudente pour préserver cet écosystème fragile face aux pressions anthropiques croissantes.

Référence bibliographique

Aberlin J. P., Daget P., 2003. Etablir et comparer les espèces biologiques de plusieurs groupements végétaux, Rev. Elev. Med. Vét. Pays trop.56, 1-2 : 57-61.

Aggoun W., 2020. Dynamique post- incendie de la végétation des subéraies de la région de Tlemcen (forêt d'ifri). Mémoire en écologie et conservation de la biodiversité, fac. Sci. Nat. Sci. Ter. Départ des ressources forestières, Tlemcen, Pp. 58-59.

Ait Chikh M., Bouslimani M., 2019. Contribution à l'étude de la variabilité phénotypique chez le Lézard des murailles (*Pobarcis vaucheri*) dans la Kabylie Orientale, (Algérie), Pp. 16-17.

Badkhouf L., 2021. Contribution à l'étude d'abondance des macro invertébrés et hiérarchisation des facteurs édaphiques dans le sol anthropisé de la forêt d'Ath ghobri : cas du chêne zeen (*Quercus canariensis*), en vue de l'obtention du diplôme de master, option Eco. UMMTO. Fac. Sci. Bio. Sci. Agro. Départ. Sci. Bio. Animale, Pp. 21-23.

Bagnouls et Gausson 1953. Etude écologiques et climatiques pour son approche sur les régimes de précipitations et les périodes sèches. Pp1-50.

Barbault R., 1981. Ecologie des peuplements. Des théories aux faits. Paris, Masson Collection maîtrises de biologie revue d'écologie (la terre et la vie) 35-4/ P.674.

Barbero M., Loisel R. et Quezel P., 1995. Des essences arborées des îles méditerranéennes 00leurs rôle écologique et paysages XXI (1/2). Pp :55-69.

Barbero M., Medail F., Loisel R. et Quezel P., 2001. Signification biogéographique et biodiversité des forêts du bassin méditerranéen Bocconeia. Pp :11-25.

Bekdouche F., Derridj A. et Krouch F., 2008. Évolution après feu de l'écosystème suberaie de Kabylie (nord Algérien), Thèse Doc. D'état en Sci. Agro. Option : Eco. Forestière Univ. Fac. Sci. Bio. Sci. Agro. Pp19-29.

Belkaid H., 2016. Analyse spatiale et environnementale du risque d'incendie de forêt en Algérie : cas de la Kabylie maritime. Université Nice Sofia Antipolis, p.46.

Ben Said, M., Gallab, A., Berrad, F., Aoudi, A., Asraoui, F., El Alami, M. (2021). Caractérisation d'un périmètre de reboisement de pinède en vue de proposition des essences les plus appropriées, cas du jbel zemzem (nord-ouest, Maroc). P.43.

Bonn F., Rochon G., 1992. Principes et méthodes presses télédétection. Université de Québec, Canada, vol.1, P.485.

Bouabdellah, K. (2020). Contribution à l'étude des principaux facteurs de dégradation des forêts en Algérie : cas de la forêt de beni ghobri, Pp. 27-29.

Bouazza N., Cherifi K. et Babali B., 2021. Apport à la connaissance cartographique du peuplement à quercus faginea subsp. Tlemcenensis de la réserve de moulta-tlemecen (Algérie nord-occidentale), Pp. 80-90.

Bouedja K., Abdelhakim T., 2013. Emergence et résurgence de représentations territoriales face à des mutation socio-économiques dans un territoire rural forestier en Algérie. Pp. 21-42.

Boudehlah M., 2014. Relations structure des peuplements forestières biodiversité au niveau du parc national de Tlemcen. Projet de fin d'étude pour l'obtention du diplôme du mastère, options écologie, gestion conservation de la biodiversité (E.G.C.B), Fac. Sci. Nat et de la vie et des sciences de la terre et de l'univers, Départ. Sci. Agro et des forêts, p. 58.

Boudy., 1955. Economie forestière nord-africaine IV. Description forestière de l'Algérie et de la Tunisie Larose éd., paris, p.438.

Bouzahar C., 2022. Phytosociologie paysagère et gestion conservatoire de la biodiversité dans le Dahra oriental, thèse de doctorat en cotutelle internationale, de l'université de bretagne occidentale avec l'école nationale supérieure agronomique (Algérie), spécialité : gestion forestière et biodiversité, thèse de doctorat en cotutelle internationale, Pp. 80-145.

Braun blanquet J., 1933. Catalogue de la flore du massif de l'Aigoual et contrées limitrophe. Montpellier.352p. RÉF.

Braun blanquet J., 1952. Phytosociologie appliquée comm. S.I.G.M.A. Pp.156-161.

Braun blanquet J., 1956. Phytosociologie appliquée comm.S.I.G.M.A. N°116, Pp. 156-161.

Braun blanquet J., 1959. La végétation des cévennes méridionales, P.865.

Dajoz R., 1971. Précis d'écologie, P.631.

Debazac F., 2021. La végétation forestière de la Kroumirie. Annales de l'école nationale des eaux et forêt et de la station de recherches et expériences forestière, 1959, 16 (2), Pp.1-133.

Dobignard A., Chatelarn C., (2010-2013). Index synonymique de la flore d'Afrique du nord-Genève : conservatoire et jardin botanique. Vol. 5, p.449.

Durant T.H., (1954). Les sols d'Algérie. Alger S.E.S, p. 243.

FAO., 2018. Evaluation des ressources forestières mondiales. P.12.

Ferrahi M. O. 2004. Cartographie pédologique du massif forestier des beni ghobri (facteur des répartitions des sols, vol. 7, N°1, Pp.3-9.

Gelard J. P., 1979. Géologie du nord-est de la Grande Kabylie : un segment des zones internes de l'orogénie littoral Maghrébin. Mémoire géologie de l'université de Dijon, 5 :1-326.

George B., Gibon A., Laurent R. et Jérôme w., 2015. Caractérisation, par des indices botaniques des pratiques de gestion des prairies de deux territoires des montagnes de Bigorre. Fourrage 221, Pp.25-32.

Gorenflot R., De foucault B., 2005. Initiation à la biologie végétale, les cormophytes. Dunod, éd. Pp.1-27.

Gounot M., 1969. Méthode d'étude quantitatives de la végétation terrestre. Paris : Ed. Masson, p.169.

Guerreiro F., 2009. Fiche d'aide MapInfo version 6à8. ESRI.1p.

Guetas A., Illoul F. et Labadi O., 2022. Evaluation de deux techniques de repeuplement d'une subéraie incendiée : cas du canton zraib dans la forêt domaniale des beni ghobri (tizi ouzou), vol. 12, N° 1, Pp. 71-76.

Guinochet M., 1973. La phytosociologie. Collecte d'écologie, N°1. Masson éd, paris, p.228.

Hasnaoui B., Bonin G.et Garzino S., 1996. Quercus canariensis willd : variations saisonnières et stationnelles des teneurs en éléments minéraux des feuilles en Kroumirie (Tunisie). P. 900.

Jaziri B., 2013. Travaux dirigés en bibliographie N°3 spectre biologique. P3.

Kemmoum I., 2022. Contribution à l'étude phytochimique, et biométrique de la rhizosphère sous la subéraie d'Ath ghobri. En vue de l'obtention du diplôme de master II, spécialité : biodiversité et écologie végétale, UMMTO. Fac. Sci. Bio. Sci. Agro. Départ. Ecologie et environnement. Pp. 31-32.

Kulbicki M., Borsa P., Mou-Tham G., Vigliola L. et Wantiez L., 2018. Poisson rares ou endémiques, des acteurs méconnus qu'il faut préserver. In : payeri Claude (ed.), Moatti jean-paul (pref.). Nouvelle- calédonie : archipel de corail. Marseille (FRA), nouméa : IDR, solaris, Pp. 223-227.

Lapie H., 1909. Etude phytogéographique de la Kabylie du Djurdjura. Thèse Doct. Es. SL. Net-Univ. Paris, Delagrave éd, P.156.

Laribi M., 2000. Contribution à l'étude phytosociologie des formation caducifoliées à chêne zeen (*Quercus canariensis* willd) dans le massif d'Ath ghobri -Akfadou (Grande Kabylie), vol. 45, Pp. 1-15.

Loisel R. et Gomila H., 1993. Traduction des effets du débroussaillage sur les écosystèmes forestiers et pré forestiers par un indice de perturbation. Revue d'écologie (la terre et la vie),48, Pp.247-263.

Lonesco M., Sauvage J.,1962. Flore de la région de Tlemcen Editions du centre National de la recherche scientifiques. P.450.

Meddour R., 1994. Contribution à l'étude phytosociologique de la portion centra oriental du parc national de Chréa. Essai d'interprétation synthétique des étages et des séries de végétation de l'Atlas Blidéen. Thèse de Magister, I.N.A., Alger, p.330.

Mehri L., 2022. Évaluation des services écosystémiques des forêts en Algérie. Cas de la forêt de Baïnem, Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme de master en écologie et environnement, spécialité biodiversité et environnement, Faculté des sciences, département de sciences de la nature et de vie, Pp.43-56.

Messaoudene M., 1992. Relation climat-croissance radiale de *Quercus canariensis* willd et de *Quercus afares pomel* dans les massifs forestiers de l'Akfadou et de beni ghobri-Algérie, vol. 4, N°2, Pp. 3-27.

Messaoudene M., Tessier L., 1991. Croissance de *Quercus canariensis* willd et *Quercus afares* pomel en Kabylie (Algérie). *Ecologia mediterranea*, 17, Pp.119-133.

Mhamdi S., Ben Yahia K., Montpied P., Brendel O., Dreyer E. et Hesnaoui B., 2018. Variabilité interspécifique de la morphologie des feuilles entre les arbres adultes et les semis de deux espèces de chêne, (*Quercus canariensis* willd) et *Quercus suber* L. et leur hybride (*Quercus afares* pomel) au nord-ouest de la Tunisie. Pp. 3439-3448.

Mihi A., 2012. La forêt zenadia (haute plaine perspective de protection). Diplôme Magister, option biodiversité et gestion des écosystèmes. Pp.4-11.

Nedjmi B., Guit B., 2012. Les steppes Algériennes cause de déséquilibre, vol. 2, N°2, Pp.50-61.

Poidevin D., 2000. Manuel de cartographie, extrait de son ouvrage « la carte : moyen d'action » aux éditions Ellipses. P.10.

Quezel P et Santa S., 1962. Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales CNRS éd., Paris, vol. 1, Pp.565.

Quezel P et Santa S., 1963. Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales CNRS éd., Paris, vol. 2, Pp.566-1170.

Quezel P. et Médail F., 2003. Ecologie et biogéographie des forêts du bassin méditerranéen. Parsis : el Sevier, collection Environnement, P.573.

Quezel P., 1956. Contribution à l'étude des forêts de chêne à feuilles caduques d'Algérie. Mémoire Soc. His. Nat. Afr. Nord, 1 :57p., 3 cartes, 4 tabl., 6 pl. H.T.

Quezel P., 2000. Réflexions sur l'évolution de la flore et de la végétation du Magreb méridionales, Ibis Press. Paris, p.117.

Quezel P., 1991. Nouvelle flore de l'Algérie et régions désertiques méridionales. Editions du centre national de la recherche scientifiques Vol 2, Pp. 1170.

Ramade F., 1984. Elément d'écologie, écologie fondamentale. Mc Graw-Hill, Paris. P.397.

Raunkiaer C., 1904. Les formes de vie de plantes et la géographie botaniques statistiques, dans *Botanisk Tidsskrift* Vol.29, Pp.1-20.

Sauvage C & Ionesco T., 1962. Les types de végétations du Maroc, essai de nomenclature et de définition, Pp. 75-85.

Sauvage C., 1961. Recherche géobotanique sur les subéraies marocaines. Trav. Inst. Sci. Chérif. Bot, vol. 21, Pp. 246.

Sirvent L., 2020. Les types biologiques (Etat de l'art, actualisation des définitions et mise en place d'un référentiel. Conservation Botanique National méditerranéenne de Porquerolles, p.64.

Tafer Z., Bouhraoua R.T., Boussahmine A. et Villemant C., 2007. Rédaction physiologique du chêne liège (*Quercus suber*) à la pluviométrie : cas des suberaies Oranaises. Vol. 9, N°1, Pp. 64-78.

Thiam A., 2012. Etude de la flore vasculaire, de la végétation et des macrophytes aquatiques proliférantes dans le delta du fleuve Sénégal et le lac de Guiers, vol. 16, N° 01, Pp. 71-72.

Yefsah F., 2016. Contribution à l'étude de la biodiversité floristique de la forêt domaniale de beni ghobri, en vue de l'obtention du diplôme de master en sciences agronomiques, spécialité : gestion des forêts et des espaces naturels, UMMTO. Fac. Sci. Bio. Sci. Agro. Départ. Sci. Agro. Pp.5-30.

ANNEXES

1. Agrimonia eupatoria L.
2. Ampelodesmos mauritanicus (Poir.) T. Durand & Schinz.
3. Andryala integrifolia L.
4. Anisantha_tectorum (L.) Nevski
5. Arbutus unedo L.
6. Arisarum vulgare O. Targ.Tozz.
7. Aristolochia sempervirens L.
8. Asparagus acutifolius L.
9. Asphodelus ramosus L.
10. Asplenium onopteris L.
11. Briza maxima L.
12. Calicotome spinosa (L) Link
13. Campanula dichotoma L.
14. Carduus pycnocephalus L.
15. Carex flacca Schreb.
16. Carex sylvatica huds.
17. Centaurium erythrae Rafn.
18. Cichorium intybus L.
19. Cistus monspeliensis L.
20. Cistus salviifolius L.
21. Clinopodium vulgare L.
22. Coleostephus myconis (L.) Rchb.f.
23. Crataegus monogyna Jacq.
24. Cytisus villosus.
25. Daphne gnidium L.
26. Dittrichia viscosa (L.) Greuter.
27. Drimia maritima (L.) Stearn.
28. Erica arborea L.
29. Eryngium tricuspidatum L.
30. Filago pygmaea L.
31. Filago pyramidata L.

32. *Galactites tomentosus* Moench.
33. *Galium scabrum* L.
34. *Genista triacanthos* Brot.
35. *Genista ulicina* Spach
36. *Geranium purpureum* vill.
37. *Hordeum murinum* L.
38. *Hyoseris radiata* L.
39. *Juncus effusus* L.
40. *Lagurus ovatus* L.
41. *Lavandula stoechas* L
42. *Laurus nobilis*.
43. *Lomelosia stellata* (L.) Raf.
44. *Lysimachia foemina* (Mill.) U. Mams & Anderb.
45. *Lythrum hyssopifolia* L.
46. *Mentha pulegium* L.
47. *Moehringia trinervia* (L.) Claire
48. *Myrtus communis* L.
49. *Osmunda regalis* L.
50. *Phillyrea augustifolia* L.
51. *Phillyrea latifolia* L.
52. *Pinus halepensis* mill.
53. *Pistacia lentiscus* L.
54. *Plantago serraria* L.
55. *Prunella laciniata* (L.) L.
56. *Prunella vulgaris* L.
57. *Pteridium aquilinum* subsp. *aquilinum* (L.) Kuhn.
58. *Quercus coccifera* L.
59. *Quercus suber* L.
60. *Quercus canariensis* Willd.
61. *Rubus ulmifolius* Schott.
62. *Ruscus aculeatus* L.
63. *Ruscus hypophyllum* L.
64. *Scolymus hispanicus* L.
65. *Sedum caeruleum* L.

66. *Sisylx_atropurpurea* (L.) Greuter & Burdet
67. *Smilax aspera* L.
68. *Stachys ocymastrum* (L.) Briq.
69. *Torilis arvensis* (huds.) Link.
70. *Trifolium campestre* Schreb.
71. *Trifolium pratense* L.
72. *Urospermum dalechampii* (L.) F.W. Schmidt
73. *Viburnus tinus* L.
74. *Vincetoxicum_hirundinaria* Medik.
75. *Viola odorata* L.
76. *Viola reichenbachiana* Boreau