



Université Mohamed Khider de Biskra
Faculté des Sciences Exactes et des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des Sciences Agronomiques

MEMOIRE DE MASTER

Science de la Nature et de la Vie

Sciences Agronomique

Spécialité : Protection des végétaux.

Réf. :

Présenté et soutenu par :

TAFERGUENNIT Ahmed Rami

Le : 11/06/2024

Étude des principaux facteurs du déperissement du pin d'Alep dans les Aurès (Cas des forêts de Khenchela).

JURY :

Mr.	Tarai Nacer	Pr.	Université Mohamed khider Biskra	President
M ^{elle}	TORKI Somia	MAB	Université Mohamed Khider Biskra	Rapporteur
M ^{me}	BAKROUNE NourelHouda	MRA	C.R.S.T.R. A	Co-rapporteur
M ^{me}	SAYEH Nadjette	MAB	Université Mohamed Khider Biskra	Examinatrice

Année universitaire : 2023 - 2024

Remerciements

Mes premiers remerciements s'adressant au DIEU de m'avoir donné la foi, la volonté, la patience et le courage pour terminer ce travail.

Je tiens à remercier profondément mes promotrices, M^{me} Nourelhouda BAKROUNE pour m'avoir guidée tout au long de la réalisation de ce travail, de m'avoir apporté des connaissances, pour sa patience, disponibilité, gentillesse et ses conseils.

J'exprime ma profonde gratitude à M^{elle} Somia TORKI pour m'avoir guidé, conseillé et orienté.

Mes remerciements sont adressés également à M^{me} Meriem Boultif pour la réalisation des cartes de ce travail.

Je voudrais également exprimer mes vifs remerciements au Mr.le professeur Nacer TARAI pour avoir accepté de présider le jury.

Je remercie vivement Mme Nadjette SAYEH d'avoir accepté de faire partie du jury.

Celles et ceux que j'ai oublié de mentionner, excusent cette inattention de hâte.

Dédicaces

*Avec l'expression de mes sincères sentiments de gratitude, de reconnaissance,
de respect et d'amour, je dédie ce travail :*

*Aux meilleurs parents au monde, ceux qui m'ont protégé et soutenu depuis mon
premier cri de vie. Rien au monde ne vaut vos efforts fournis, en ce jour,
j'espère réaliser l'un de vos rêves. J'espère avoir répondu aux espoirs que vous
avez fondés en moi.*

*Aux plus respectueux, beaux et adorables frères au monde ; ceux qui m'ont
procuré un amour fraternel, ceux qui n'ont cessé de me soutenir et de
m'épauler ; à mes très chers frères*

À tous ceux que ma réussite leur tient à cœur.

TAFERGUENNIT Ahmed Rami

Liste des tableaux

Tableau 1 : Les moyennes annuelles des températures de la zone d'étude de la période du 1997 à 2017.....	20
Tableau 2 : Précipitation mensuelle enregistrée à la station d'El Hamma (1997-2017).....	27
Tableau 3 : Caractéristiques des images satellitaires utilisées.....	35
Tableau 4 : Le nombre de forages dans la wilaya de Khenchela.....	40
Tableau 5 : Inventaire taxonomique de l'entomofaune associés aux pins d'Alèpe en Algérie.....	46

Liste des figures

Figure 1 : Aire de répartition du pin d'Alep dans le bassin méditerranéen (Lazrec, 2015)....	15
Figure 2 : Aire de répartition du pin d'Alep en Algérie. (Mezerai, 2014).....	16
Figure 3 : Situation géographique de la région des Aurès.....	19
Figure 4 : Diagramme ombrothermique de la région des Aurès pour la période (1953/1984) et (1984/2014).....	21
Figure 5 : Localisation géographique de la zone d'étude.....	23
Figure 6 : Carte de distribution spatiale des température moyenne de la zone d'étude.....	25
Figure 7 : Carte des précipitations annuelles de la zone d'étude.....	26
Figure 8 : Organigramme de la démarche méthodologique.....	27
Figure 9 : Surpâturage dans les forets.....	31
Figure 10 : Défrichage dans la forêt de Ouled Oudjana (wilaya de Khenchela).....	32
Figure 11 : Incendie de la forêt de Khenchela en 2021.....	33
Figure 12 : Superficies brûlées dans les forêts de Khenchela à cause des incendies survenus entre 2010 et 2023.....	33
Figure 13 : Nombre d'incendies dans les forêts de Khenchela par mois sur la période entre 2010 et 2023.....	34
Figure 14 : Les incendies et les superficies brûlées dans la pinède de Ouled Yagoub (Khenchela) durant la période entre 2010 et 2023.....	35
Figure 15 : Les incendies et les superficies brûlées dans la pinède de Bni Imlloul (Khenchela) durant la période entre 2010 et 2023.....	35
Figure 16 : Les incendies et les superficies brûlées dans la pinède de Ouled Oudjana (Khenchela) durant la période entre 2010 et 2023.....	36
Figure 17 : Carte du Rapports de brûlure normalisé (NBR) dans le massif de Bni Oudjana ; Ouled Yagoub et Bni Imlloul : 1990 ; 1995 ; 1998 ; 2006 ; 2009 ; 2015 ; 2022.....	38
Figure 18 : Histogramme des valeurs extremes de l'indice calculé (NBR) du massifs Beni Oudjana, Oules Yagoub et Beni Imlloul.....	39
Figure 19 : Evolution des superficies de la culture du pommier durant la période allant du 2011 à 2021.....	42

Figure 20 : Carte de l'indice de végétation par différence normalisée (INDVI) dans le massif de Bni Oudjana ; Ouled Yagoub et Bni Imlloul : 1990 ; 1995 ; 1998 ; 2006 ; 2009 ; 2019 et 2021.....	44
Figure 21 : Histogramme des valeurs extremes de l'indice calculé (NDVI) du massifs Beni Oudjana, Oules Yagoub et Beni Imlloul.....	45
Figure 22 : Importance de l'entomofaune répertoriée par ordre taxonomique.....	54
Figure 23 : Importance de l'entomofaune répertoriée par familles	54
Figure 24 : Catégories trophiques	55

Table de matières

Liste des abréviations

Liste des tableaux

Liste des figures

Introduction

Chapitre I : Synthèse des données sur le pin d'Alep

I.1.Taxonomie	Erreur ! Signet non défini.
I.2.Répartition du pin d'Alep	Erreur ! Signet non défini.
I.2.1.Dans le monde.....	Erreur ! Signet non défini.
I.2.2.Répartition du pin d'Alep en Algérie	Erreur ! Signet non défini.

Chapitre II : Contexte physique et biotique de la région d'étude

II.1.Caractérisation générale sur les Aurés et la zone d'étude	Erreur ! Signet non défini.
II.2.Aperçu générale sur la végétation de la zone d'étude	Erreur ! Signet non défini.
II.3.Cadre climatique.....	Erreur ! Signet non défini.
II.3.1.Température.....	Erreur ! Signet non défini.
II.3.2.Précipitations	Erreur ! Signet non défini.
II.3.3.Diagramme xérothermique de Bagnouls et Gaussen.....	Erreur ! Signet non défini.

Chapitre III : Matériel et méthodes

III.1.Localisation géographique de la zone d'étude	Erreur ! Signet non défini.
III.2.Choix des sites d'étude.....	Erreur ! Signet non défini.
III.3.Caractéristiques climatiques de la zone d'étude.....	Erreur ! Signet non défini.
III.4.Collecte des données	Erreur ! Signet non défini.
III.5.Évaluation géospatiale et cartographie.....	Erreur ! Signet non défini.
III.5.1.Indice de végétation par différence normalize NDVI	Erreur ! Signet non défini.
III.5.2.Extraction des zones brûlées	Erreur ! Signet non défini.
III.6.Etude de l'entomofaune associées au pin d'Alèpe.....	Erreur ! Signet non défini.

Chapitre IV : Dépérissement du pin d'Alep dans les forts de Khenchela

IV.1. Facteurs anthropiques	Erreur ! Signet non défini.
IV.1.1.Surpâturage	Erreur ! Signet non défini.
IV.1.2.Défrichage.....	Erreur ! Signet non défini.
IV.1.3.Incendies	Erreur ! Signet non défini.

IV.1.3.1.Les incendies des forêts de Khenchela	Erreur ! Signet non défini.
IV.1.3.2.La pinède de Ouled Yagoub.....	Erreur ! Signet non défini.
IV.1.3.3.La pinède de Bni Imlloul	Erreur ! Signet non défini.
IV.1.3.4.La pinède de Ouled Oudjana.....	Erreur ! Signet non défini.
IV.1.4.Surexploitation des eaux souterrain	Erreur ! Signet non défini.
IV.1.5.La pollution des eaux souterrain	Erreur ! Signet non défini.
IV.2.Les facteurs abiotiques.....	Erreur ! Signet non défini.
IV.2.1.Le changement climatique	Erreur ! Signet non défini.
IV.3.les facteurs biotiques	Erreur ! Signet non défini.
IV.3.1.Les attaques des ravageurs	Erreur ! Signet non défini.
IV.3.1.1.Etude de l'entomofaune associée aux pin d'Alèpe en Algérie	Erreur ! Signet non défini.
IV.3.1.2.Importance de l'entomofaune répertoriée par ordre taxonomique	Erreur ! Signet non défini.
IV.3.1.3.Importance de l'entomofaune répertoriée par familles.....	Erreur ! Signet non défini.
IV.3.1.4.Statut trophique	Erreur ! Signet non défini.

Conclusion

Références bibliographiques

Annexes

Introduction

Les forêts méditerranéennes ont été perçues pendant des siècles comme des réserves pour l'expansion des cultures, là où les sols sont propices, ainsi que comme des zones de pâturage. En tout cas, elles ont fait l'objet d'une exploitation pastorale intense, d'abattages inappropriés et d'incendies répétés. Ainsi, ces forêts ont subi un fardeau considérable de l'action humaine. C'est la raison pour laquelle elles sont généralement entièrement dégradées aujourd'hui, et à leur niveau, la notion de climax est plutôt théorique. De plus, il convient de souligner que ces forêts méditerranéennes ont connu des changements floraux lors des grandes glaciations quaternaires, ce qui a entraîné l'élimination de nombreuses espèces forestières. Quoi qu'il en soit, les éléments écologiques et historiques ont joué un rôle essentiel dans la formation de la flore et de la faune dans ces forêts (**Loisel et Quézel, 1974**).

Aujourd'hui, les écosystèmes forestiers ne représentent qu'environ 25 % du sol en région méditerranéenne, alors qu'ils ont représenté des pourcentages bien plus élevés (**Quézel, 1982**). Il convient également de rappeler que ces forêts méditerranéennes se distinguent par leur diversité, leur instabilité et leur vulnérabilité, ainsi que par une sécheresse estivale importante (**Quézel, 1976, 1979, 1980**). Il est crucial de prendre en considération ces particularités et ces caractéristiques écologiques, en particulier pour l'aménagement et le traitement des forêts méditerranéennes (**Barbéro, 1981**). D'après **Pavari (1956) et Degelay (1956)**, les populations humaines jouent un rôle important dans les systèmes de vie, la mentalité, l'esprit social et l'économie à différents degrés dans chaque pays du bassin méditerranéen.

Il convient également de souligner que les rythmes d'incendies de plus en plus élevés d'une année à l'autre contribuent à faire disparaître de nombreuses forêts existantes et de nouvelles, ce qui ne donne pas aux forestiers le goût de concentrer leurs efforts sur ces forêts pour envisager leur aménagement rationnel.

La forêt algérienne couvre environ 3 millions d'hectares, dont un pourcentage de forêts productives, le reste étant composé de maquis et de garrigues. Selon **Kadik (1987)**, le pourcentage de boisement est estimé à 1,3 % pour une superficie totale de 238 millions d'hectares. Sa particularité réside dans son intérêt écologique, sa diversité en espèces forestières et son occupation des bioclimats les plus variés. Le pin d'Alep est caractérisé par ses peuplements répartis en grands massifs dans toute l'Algérie du Nord. Cette espèce localisée dans la majorité des variantes bioclimatiques méditerranéennes de l'Algérie, peuplant même les zones les plus hostiles en marge du Sahara et de la steppe. Il crée des forêts majeures dont les valeurs écologiques varient. Selon **Mezali (2003)**, le pin d'Alep occupe environ 35% des espaces boisés de l'Algérie du Nord Selon **Quezel (1986)**,

Selon **Garah (2020)**, les peuplements de pin d'Alep sont répartis en grands massif, occupant une très large amplitude écologique. Il est localisé en grande partie à l'état naturel dans les régions de l'Est et du centre du pays principalement sur les Atlas, tellien et saharien, où il colonise des étages bioclimatiques très contrastés, avec un optimum de croissance présenté essentiellement en semi-aride (**Nahal, 1986**). Par ailleurs, la région des Aurès abrite les plus grands peuplements de pins d'Alep du pays (**Kadik, 1987 ; Quezel, 1986**).

Comme toutes les forêts du bassin méditerranéen, les pinèdes des Aurès ont été fortement attaquées par l'homme depuis des siècles (défrichements, coupes illicites, incendies, pâturages) entraînant la déforestation et la diminution du couvert végétal. A cela s'ajoutent ces dernières années les sécheresses successives et prolongées qui sont à l'origine du dessèchement et du dépérissement des arbres sur pieds. La combinaison de tous ces éléments a conduit à une baisse significative de la couverture forestière, ce qui a entraîné une rupture du système naturel de protection et de restauration des sols.

Plusieurs publications lui sont également consacrées en phytosociologie et en écologie (**Quezel, 1976 ; Klepak, 1986 et Kadik, 1987**). En sylviculture et en aménagement, le pin d'Alep a été étudié dans les pays du pourtour méditerranéen, en France en particulier, sur la productivité et la croissance (**Bedel, 1986 ; Hikmat, 1986 ; Couhert et Duplat, 1993 ; Brohiero, 1999**). Au Maroc (**Belghazi, 2000**), en Italie (**ORAZIO, 1986**) et en Tunisie (**Souleres, 1969 et 1975 et Chakroun, 1986, Sghaier, 2001**). Dans tous ces pays, la faible exigence du pin d'Alep a incité les forestiers à l'employer à grande échelle comme essence de grand reboisement, même si elle n'est pas très productive. Celui-ci est donc mis en place afin de reconstruire les zones dégradées et occupe les terrains inoccupés. La production devient alors un aspect secondaire pour cette espèce. Ce n'est pas le cas en Algérie, car en plus de son rôle écologique, le pin d'Alep présente un potentiel productif considérable qui ne peut être sous-estimé compte tenu de l'importance des surfaces occupées par cette espèce. La forêt des Béni-Imloul produit 40 000 m³ par an dans les Aurès. La région d'Ouled Yagoub et Béni Oudjana, qui couvrent une superficie totale de plus de 40 000 hectares (Conservation des forts de Khenchela, 2024).

A partir de toutes ces données, la question se pose : Quelles sont les principales conditions du dépérissement du pin d'Alep dans les Aurès (cas de la pinède de Khenchela) ?

Pour résoudre cette problématique nous avons étudié différents aspects : anthropiques, biotique et abiotique.

La démarche de ce travail s'articule autour de quatre chapitres dont le premier rassemble des données bibliographiques sur le pin d'Alep. La présentation de la région d'étude (Aurès) est

traitée dans le deuxième chapitre. Elle est suivie par la partie "matériel et méthodes" correspondant au troisième chapitre. Les résultats et la discussion sont rassemblés dans le quatrième chapitre. Cette étude s'achève par une conclusion et des perspectives.

Chapitre I

*Synthèse des données sur le pin
d'Alep*

I.1. Taxonomie

Le genre *Pinus*, appartenant à la famille des Pinacées (Abiétacées), est subdivisé en trois sous-genres : *Pinus*, *Ducampopinus* et *Cembrapinus*. Chaque sous-genre est ensuite divisé en sections. L'espèce *Pinus halepensis* Mill, fait partie de la section Halepensoïdes qui est divisée en trois groupes, dont le groupe *Halepensis*, qui se distingue par des feuilles à deux aiguilles et des cônes caduques (**Kadik, 2006**). D'après **Quézel et Barbero (1992)**, le pin d'Alep (*Pinus halepensis*) appartient à un groupe de pins dans lequel plusieurs espèces ont été décrites, Cependant, seules deux sont actuellement considérées comme de véritables espèces par la majorité des systématistes. Il s'agit de *Pinus halepensis* Mill. et de *Pinus brutia* Ten, ces deux espèces occupent près de 6,8 millions d'hectares sur l'ensemble du bassin méditerranéen (**Le Houérou,1990**).

Selon **Gernandt et al. (2005;2008)**, la classification récente du genre *Pinus*, sous-genre *Dyploxylon*, ou pins «durs» à tendance à regrouper les deux espèces *P. halepensis* et *P. brutia* avec *P. heldreichii*, *P. pinaster*, *P. pinea*, *P. canariensis* et *P. roxburghii* dans la sous section *pinaster*, également appelée le groupe des pins méditerranéens.

La systématique du pin d'Alep établie par **Farjon (1996)** se résume comme suit :

Règne : Plantae

Embranchement : Spermaphyta

Sous-embranchement : Gymnospermae

Classe : Pinopsida

Ordre : Abietales

Famille : Pinaceae (Abietaceae)

Sous-famille : Pinoïdeae

Genre : *Pinus*

Sous-genre : *Eupinus*

Espèce : *Pinus halepensis* Mill

I.1.2. Ecologie

D'après **Jacques (2010)**, le pin d'Alep nécessite une grande quantité de lumière et de chaleur ; il résiste à la sécheresse, mais ne supporte pas le froid persistant, ce qui restreint son emplacement à la région méditerranéenne et à des altitudes faibles (étage semi-aride). Peu exigeant en ce qui concerne le sol, il s'adapte parfaitement aux terrains calcaires où il a peu de concurrents, et augmente de 10 mètres en 20 ans. Il s'agit d'un arbre mesurant plus de 20 mètres de haut. Au début de sa vie, il est branchu et feuillé, puis développe un fût grêle, flexible,

souvent penché par le vent, avec une cime étalée, irrégulière et peu dense, avec une couleur générale vert cendré.

I.2. Répartition du pin d'Alep

I.2.1. Dans le monde

Le pin d'Alep est réparti dans toute la Méditerranée elle est présente dans des formations forestières qui couvrent collectivement plus de 3,5 millions d'hectares dans certains pays européens, dont l'Italie, la France et l'Espagne. Au Proche-Orient (Turquie, Palestine et Jordanie) et en Afrique du Nord, le pin d'Alep est plus développé, apparaissant presque partout dans les chaînes de montagnes où elle couvre une superficie de 1 260 000 hectares (Alaoui et al, 2011).

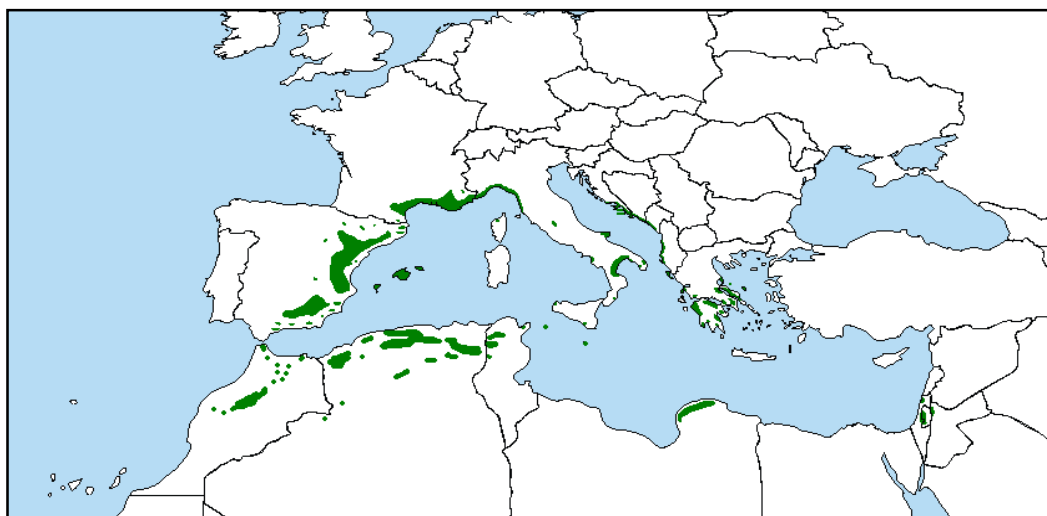


Figure 1: Aire de répartition du pin d'Alep dans le bassin méditerranéen (Lazrec, 2015)

I.2.2. Répartition du pin d'Alep en Algérie

La superficie de ce type de forêt en Algérie représente environ 35 % de la superficie forestière totale du pays. La zone couverte par ces espèces d'arbres est d'environ 250 mètres au-dessus du niveau de la mer. Les peuplements d'arbres se retrouvent dans les Aurès, la région de Tébessa et les plateaux de Constantine, la région d'Alger (forêts de Médéa), Bel Abbès, Saïda et Ouarsenis, l'Atlas saharien et dans la région de Djelfa, les monts Ouled-Nail.

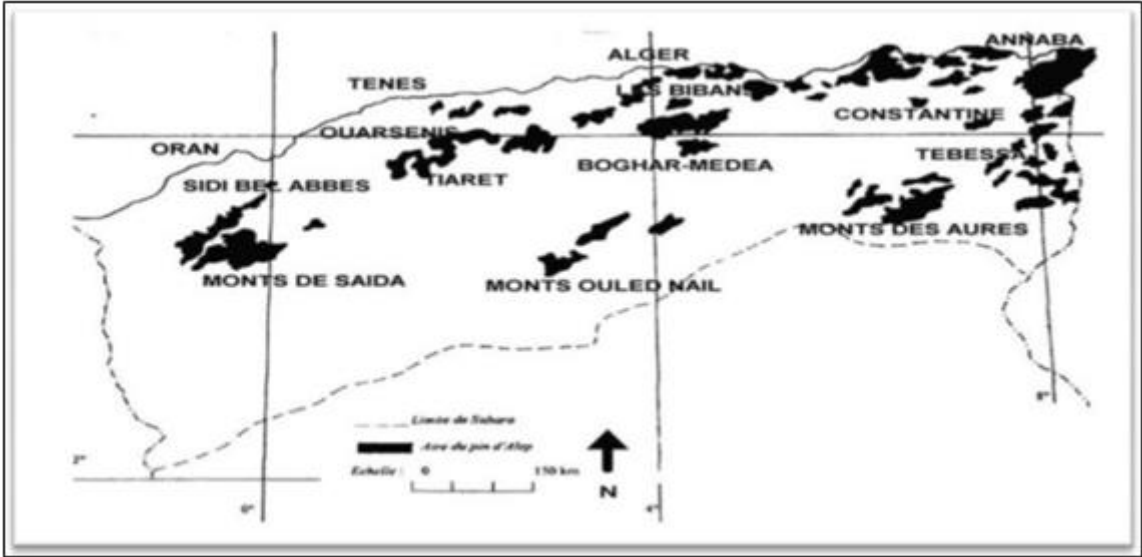


Figure 2 : Aire de répartition du pin d'Alep en Algérie. (Mezerai, 2014).

Chapitre II

**Contexte physique et biotique de la
région d'étude**

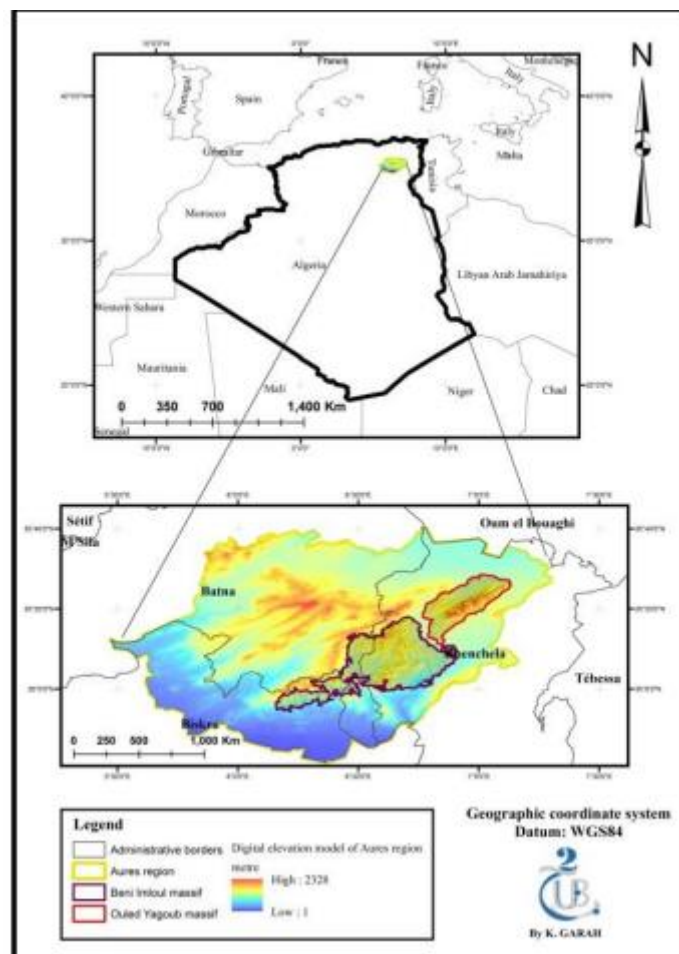
II.1. Caractérisation générale sur les Aurès et la zone d'étude

Au nord-est de l'Algérie se trouve les Aurès, une région du pays caractérisée par une histoire longue et riche, une population traditionnelle et un relief majoritairement montagneux, qui dresse entre les hauts plateaux et le désert.

En raison des caractéristiques du patrimoine naturel et culturel, les sujets de nombreux documents anciens, comme ceux de **Blayac (1899)**, **Busson (1900)**, **Delartigue (1904)**, **Mitard (1941)**, **B et Ballais (1989)**, **Leveau et coll. (1990)**, ont fait l'objet de nombreuses études scientifiques dans toutes les disciplines.

D'après **Garah (2020)**, d'un point de vue administratif, la région des Aurès est définie comme un quadrilatère comprenant Khenchela, Batna, Biskra et Khanga-Sidi Nadji, d'une longueur de côté d'environ 100 kilomètres. Il regroupe quarante-sept (47) communes, réparties dans trois Wilayas. Batna compte vingt-six (26) communes, Khenchela quatorze (14) communes et Biskra sept (07) communes (Fig. 1).

La région des Aurès se caractérise par un couvert forestier très original. Par ailleurs, elle recèle les peuplements de pin d'Alèpe les plus importants et les plus beaux du pays. Ces derniers qui occupent de grands massifs, tels celui des Béni-Imloul avec 75 000 hectares et des Ouled-Yakoub et Béni-Oudjana avec plus de 40 000 hectares. Dans cette zone où l'espèce prédomine, ses potentialités de production seraient élevées nécessitant une sylviculture appropriée (Rabhi, 2023).



(Source : Garah, 2020)

Figure 3 : Situation géographique de la région des Aurès

II.2. Aperçu générale sur la végétation de la zone d'étude

La région des Aurès se caractérise par le plus grand boisement de cèdre en Algérie avec une originalité distincte, en plus la pinède la plus importante du pays celle de Bni Imloul, les seuls peuplements de thurifère (*Juniperus thurifera*) ; un peuplement endémique de chêne zeen à petites feuilles (*Quercus canariensis*), les plus grandes formations de frêne épineux (*Fraxinus xanthoxyloides*), ainsi qu'un certain nombre d'espèces rares (**Garah, 2020**). De son part **Abdessemed (1981)** a considéré le massif des Aurès comme l'un des principaux massifs forestiers de l'Atlas saharien.

La forêt de Bni Imloul abrite la plus grande réserve de pin d'Alep (*Pinus halepensis*) du pays. Il s'agit généralement d'une futaie dont le sous-bois est plus ou moins développé. Tandis que, la végétation des forêts d'Ouled Yagoub et de Bni Oudjana est beaucoup plus hétérogène et diversifiée que celle des forêts de Bni Imloul ; **Beghami (2012)** a signalé la présence de 249 espèces dans ces deux forêts. Les espèces les plus dominantes sont le cèdre de l'Atlas (*Cedrus*

atlantica) sur le versant nord et en altitude, qui occupe les zones les plus humides du massif, et le pin d'Alep (*Pinus halepensis*) sur le versant sud et en altitude modérée.

Cette richesse floristique exceptionnelle avec un taux d'endémisme important revêt une grande valeur patrimoniale et un grand intérêt économique, écologique et paysager.

II.3. Cadre climatique

D'après les résultats de Lacoste et **Salonon (1999)**. Le climat est le principal déterminant du fonctionnement des organismes vivants. Leur impact peut être observé et mesuré à tous les niveaux de surveillance de la biosphère. À cet égard, la composante climatique peut servir de point de référence selon ses différents niveaux de réalisation, c'est-à-dire l'échelle spatiale, de la hiérarchie des écosystèmes.

En Algérie, comme dans la majorité des pays méditerranéens, le climat est caractérisé par un contraste et une variabilité climatiques considérables selon les axes nord et sud (**Garah, 2020**).

Afin de caractériser le climat de la région des Aurès et plus particulièrement la wilaya de Khenchela, nous avons utilisé les données climatiques de l'Office National de Météorologie (ONM) de la wilaya de Khenchela

II.3.1. Température

Nous avons obtenu une série de données de température de la région de Khenchela sur une période de 20 ans (de 1997 à 2017) à partir de la station météorologique d'El Hamma. Le tableau 1 présente les moyennes annuelles des températures de la zone d'étude.

Tableau 1 : Les moyennes annuelles des températures de la zone d'étude de la période du 1997 à 2017

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Jil	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc
Température minimale (°C)	2.4	3.4	5	7.6	11.7	15.9	18.95	18.6	15.01	11.9	6.30	3.33
Température moyenne (°C)	7.6	8	10.73	9.61	18.39	23.4	26.9	26.41	20.75	16.71	11.17	14.83
Température maximale (°C)	12.8	12.43	16.47	11.62	25.08	30.9	34.9	34.22	26.4	21.53	16.04	11.5

Les résultats reportés dans le tableau 1 montrent que la région de Khenchela est caractérisée par des températures pouvant atteindre des températures maximales de 34.9 °C. Nous relevons des variations saisonnières entre le mois le plus chaud (Juillet) avec une moyenne mensuelle de 26.9 °C et le mois le plus froid (Décembre) avec une moyenne mensuelle de 11.5°C

II.3.2. Précipitations

Nous disposons d'une série de données des précipitations pour la région des Aurès (Khenchela) sur une période de 20 ans (de 1997 à 2017) provenant de la station météorologique d'Elhamma (Khenchela). Les données obtenues sont présentées dans le tableau 2.

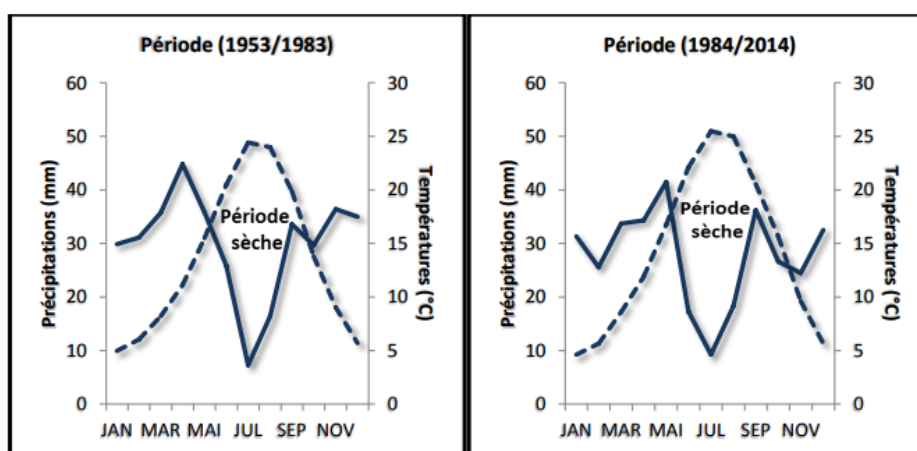
Tableau 2 : Précipitation mensuelle enregistrée à la station d'El Hamma (1997-2017).

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Jil	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc	Totaux
Aurès (Khenchela) de 1997 à 2017	37.5	33.5	40.2	45.9	63.3	27.3	15.7	35	52.9	39.8	39.4	39.4	469.9

Il ressort du tableau 2 que le mois de juillet a été le plus sec avec seulement 15.7 mm de pluies enregistrées, en revanche, le mois de mai a été le plus arrosé avec 63.3 mm de précipitations.

1.1.Diagramme xérothermique de Bagnouls et Gaussen

Afin de déterminer et d'analyser la durée de la saison sèche pour les deux périodes comparées, à savoir (1953/1983) et (1984/2014), les données climatiques de la région des Aurès pour la période 1953/202014 ont été utilisées. D'après Bagnouls et Gaussen, qui l'ont défini à l'aide d'un diagramme ombrothermique basé sur l'équation $P = 2T$



(Source : Garah, 2020)

Figure 4 : Diagramme ombrothermique de la région des Aurès pour la période (1953/1984) et (1984/2014)

Chapitre III

Matériel et méthodes

III.1. Localisation géographique de la zone d'étude

La zone étudiée se situe dans la région orientale des Aurès, une partie constitutive de la chaîne montagneuse de l'Atlas saharien au nord-est de l'Algérie. Cette zone est composée essentiellement par trois massifs contigus, le massif forestier de Beni Oudjana se situe au Nord-Ouest de Khenchela (Algérie) entre la longitude (X1: 6°58'07", X2: 6°42'34") et latitude (Y1: 35°28'22", Y2: 36°19'04"). Alors que le massif de Bni Imloul se situe entre les parallèles 35°11' et 35°28' nord ainsi que les méridiens 6°45' et 7°8' Est. Tandis que le massif de Ouled Yagoub est limité par les coordonnées géographiques 6°9' et 6°54' de longitude Est, ainsi que 35°17' et 35°54' de latitude nord (Fig5)

Les forêts étudiées se rattachent administrativement à la conservation des forêts de Khenchela.

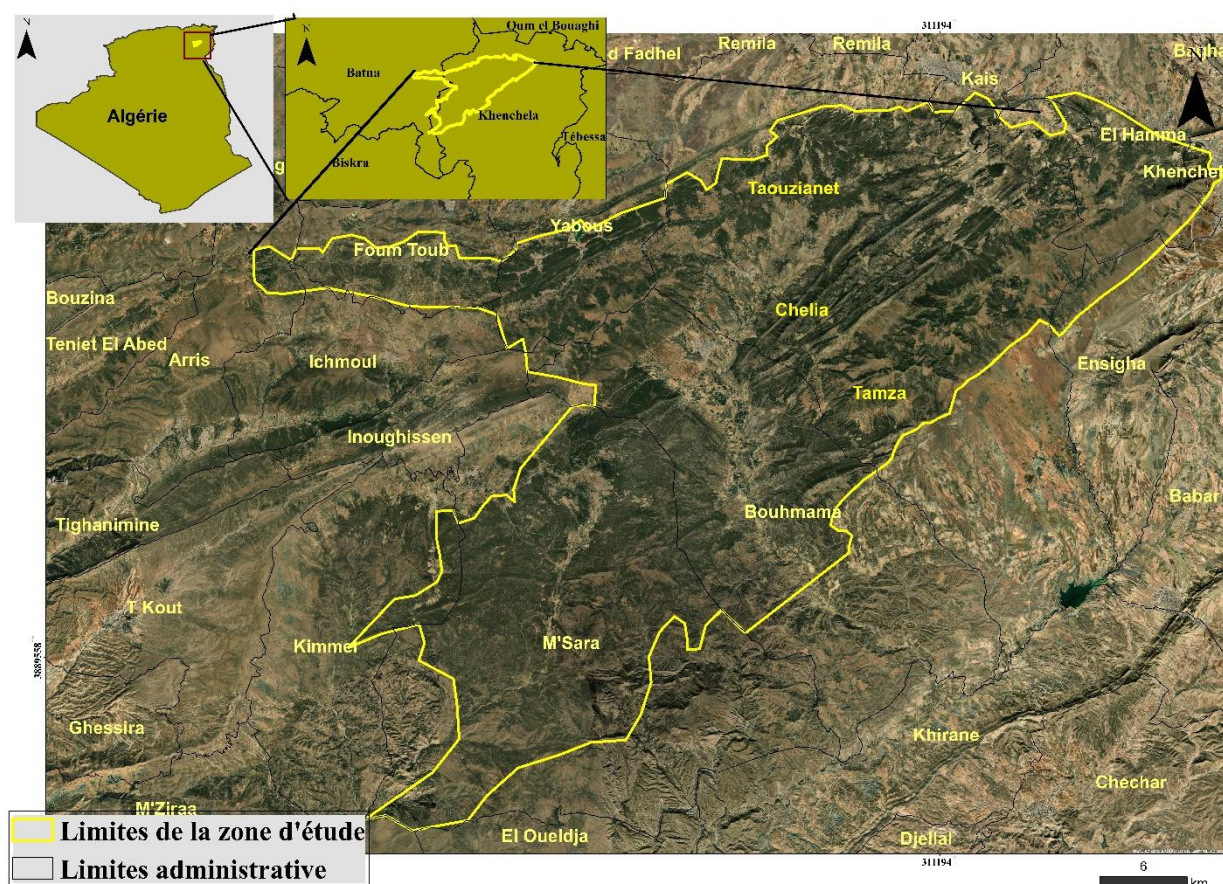


Figure 5 : Localisation géographique de la zone d'étude (Originale élaboré par Boultif, 2024).

III.2. Choix des sites d'étude

La wilaya de Khenchela est considérée comme l'un des plus grands wilayats en termes de couvert forestier, elle s'étend sur une superficie forestière estimée à 146 303 hectares, soit l'équivalent de 15% de sa superficie totale, en plus de 42 000 hectares d'Alfa.

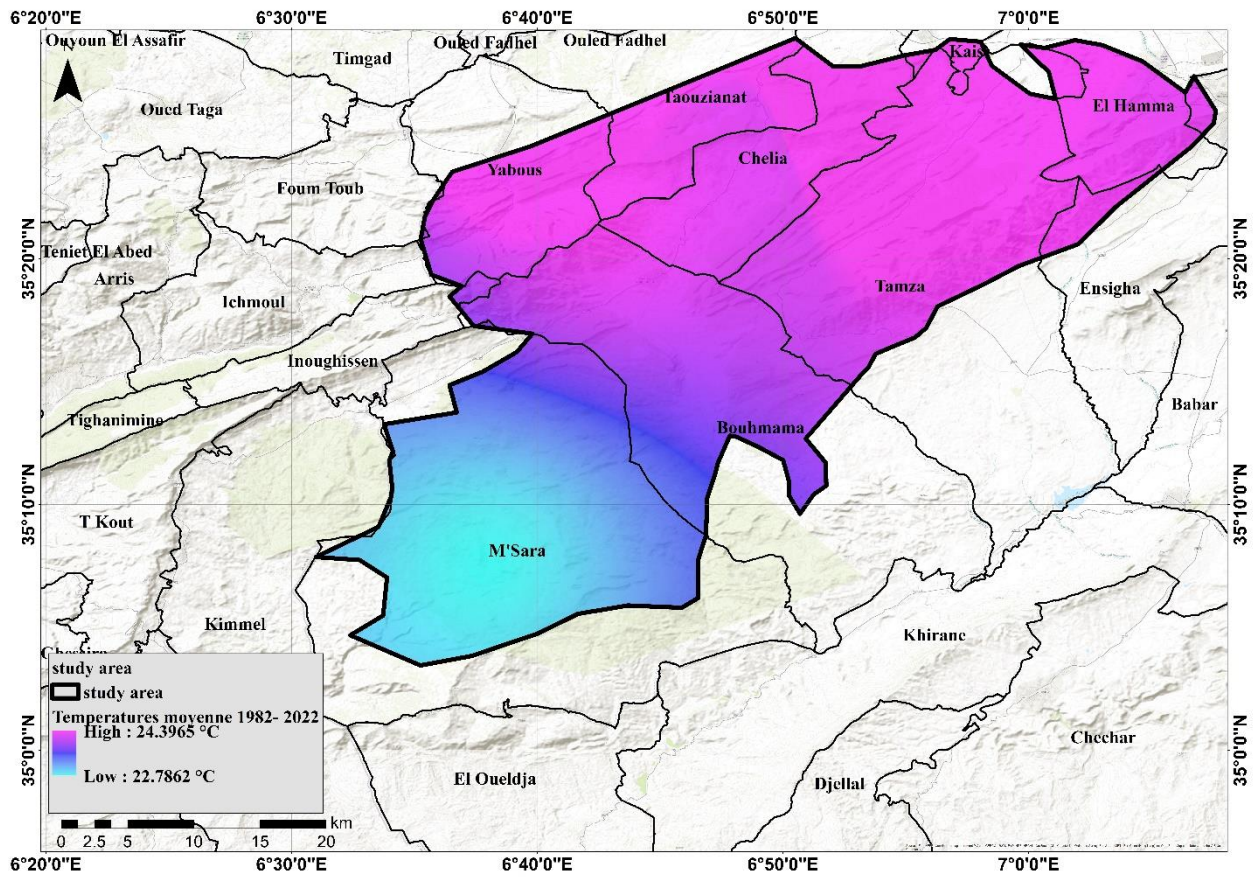
La superficie forestière est répartie en trois blocs forestiers principaux à savoir Bni Imloul avec une superficie de 67655 Ha, Bni Oudjana avec 21666 Ha et la forêt d'Ouled Yagoub avec une superficie de 27305 Ha. Ainsi que les superficies occupées par le barrage vert (14497 Ha), Halfa dont la superficie est estimée à 42000 Ha, ainsi qu'autres espèces (1580 Ha) (La conservation des forêts Khenchela, 2024).

Cette importance écologique et économique nous amène à étudier les raisons les plus importantes conduisant au dépérissement des pinèdes dans les Aurès (Wilaya de Khenchela).

III.3. Caractéristiques climatiques de la zone d'étude

Dans la zone d'étude, deux raisons principales contribuent à la difficulté d'évaluer les changements climatiques d'une année sur l'autre : d'une part, l'insuffisance des stations météorologiques installées en zone forestière, et d'autre part, les variations des mesures climatiques dues aux situations topographiques différentes. Les données climatiques utilisées dans cette étude sont disponibles gratuitement sur le site web : <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/> (Annexe 01).

Les données climatiques de la période s'étendant de 1982 à 2022 (40 ans) ont été utilisées pour le paramètre de température annuelle moyenne et de précipitation annuelle afin d'analyser l'étendue de l'influence de ces deux paramètres dans la zone d'étude. Les cartes des figures 6 et 7 montrent les résultats de l'interpolation.



Boultif M, 2024

Figure 6 : Carte de distribution spatiale des température moyenne de la zone d'étude

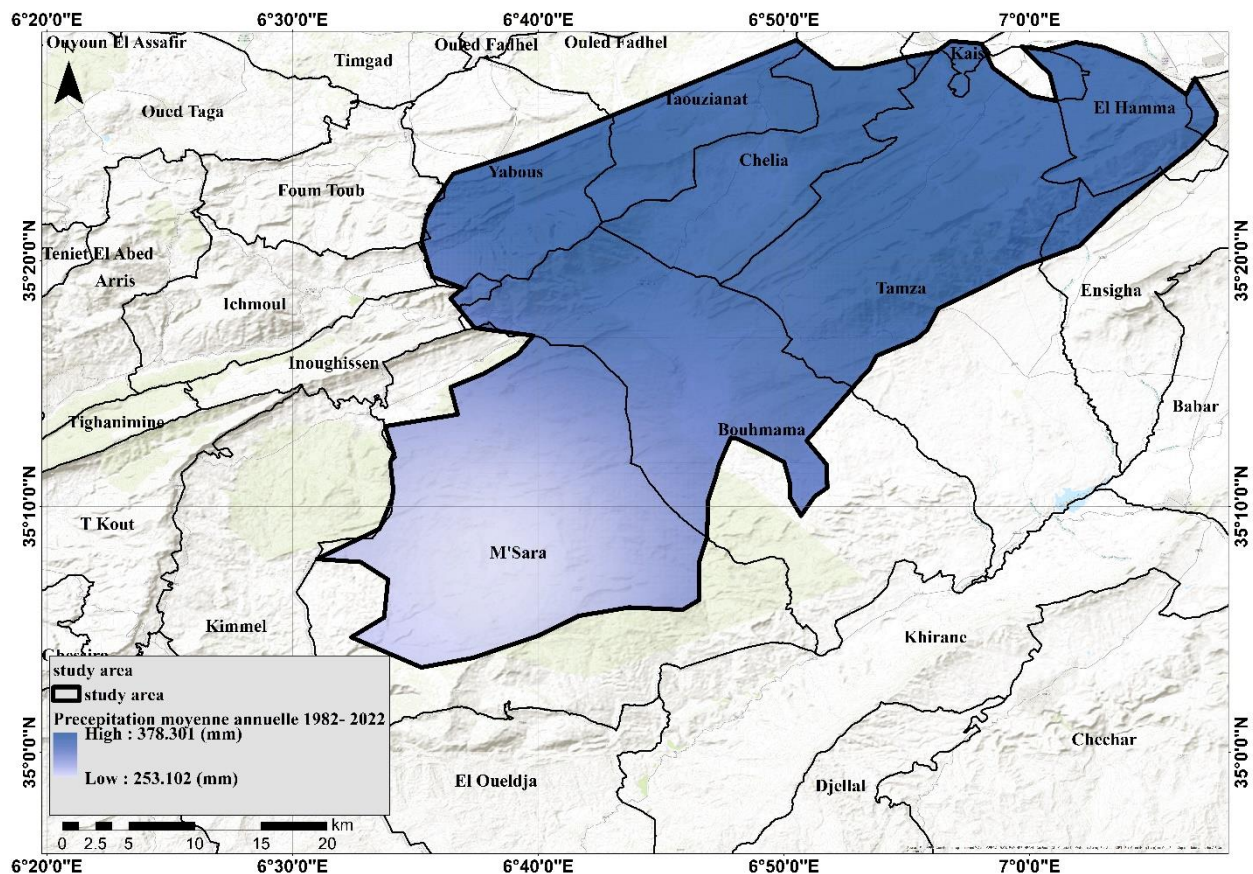


Figure 7 : Carte des précipitations annuelles de la zone d'étude

Les massifs de Ouled Yagoub et de Beni Oudjana sont les plus chaudes et les plus pluvieuses par rapport à celles de Beni Imlloul.

III.4. Collecte des données

Les données ont été collectées à partir des entretiens auprès des grainetiers, des agriculteurs et des éleveurs de la région d'étude, ainsi que la consultation de la documentation au niveau de plusieurs institutions (La direction des services agricoles, la conservation des forêts et la direction des ressources hydriques de la wilaya de kenchela).

III.5. Évaluation géospatiale et cartographie

L'étude géospatiale et cartographie a été réalisée à l'aide d'images satellitaires obtenues à partir des satellites Landsat-5 TM et Landsat-8 OLI avec une résolution spatiale de 30 m. Ces images ont été utilisées pour une étude diachronique des trois régions forestières.

La méthodologie employée dans cette étude est basée sur la classification de deux images acquises à des moments différents. Il est à noter que la méthodologie choisie a déjà été adoptée dans la région des Aurès par **Benmessaoud et al. (2009)**, **Beghami et al. (2012)**, **Bouzekri et**

Benmessaoud (2014) et Chafai (2016). et Garah (2020) a également utilisé cette approche dans son travail, bien qu’avec un ensemble différent de classes d’utilisation des terres. La figure 8 présente un résumé du processus méthodologique en question.

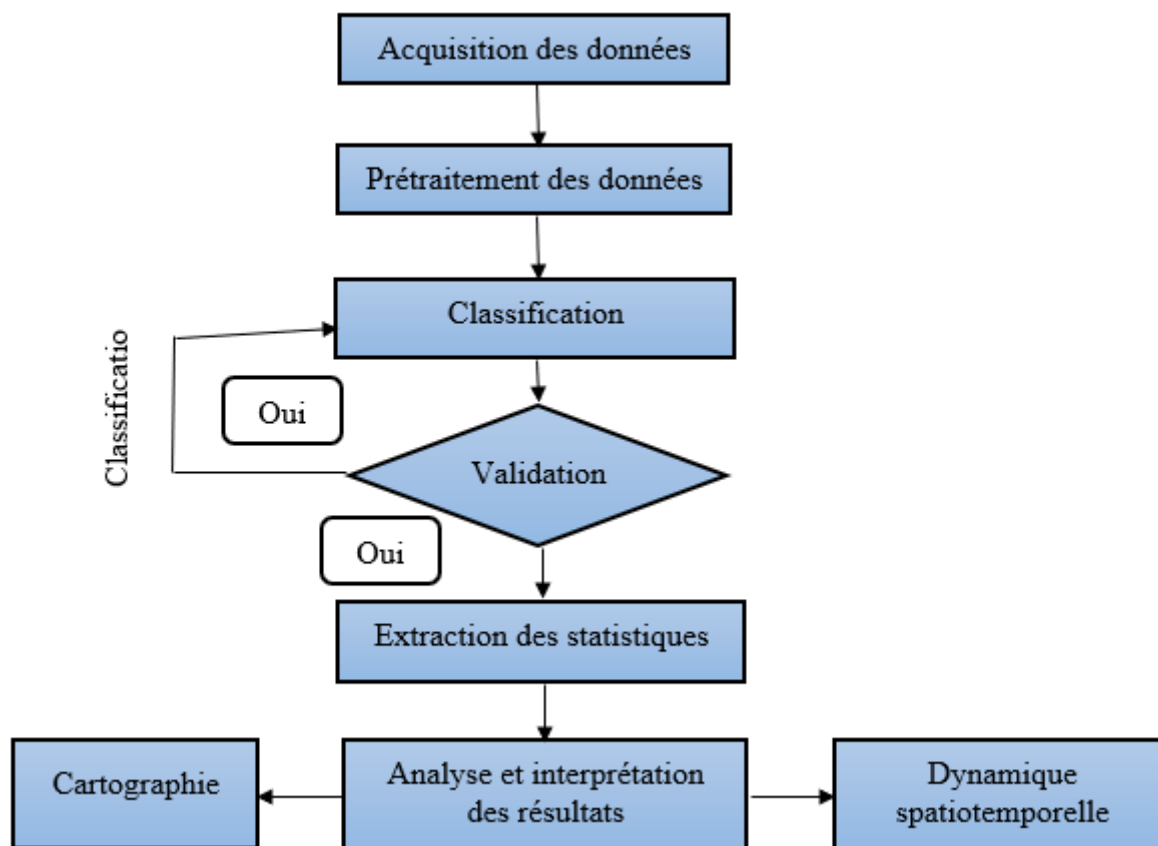


Figure 8 : Organigramme de la démarche méthodologique

Le processus d'acquisition de données implique le téléchargement d'images satellites libres de droits, orthorectifiées, multiscènes et multidates du programme Landsat, accessibles via les sites Internet <http://glovis.usgs.gov/> ou <http://earthexplorer.usgs.gov/>

Tableau 3 : Caractéristiques des images satellitaires utilisées

Capteur	Date d’acquisition	Path/Row	Date de capture	Temps de capture
Landsat-5 TM	19/05/2024	194/36	08/06/1990	09:27:54
	19/05/2024	194/36	21/05/1995	09:15:03
		194/36	14/06/1998	09:45:36
	19/05/2024	194/36	20/09/2006	10:00:23
	19/05/2024	194/36	28/06/2009	09:56:17
Landsat-8 OLI	20/05/2024	194/36	05/06/2015	10:06:46
	20/05/2024	194/36	22/07/2021	10:07:52
	20/05/2024	194/36	24/06/2022	"10:07:36

III.5.1. Indice de végétation par différence normalise NDVI

L'NDVI, ou « Normalized Difference Vegetative Index », est utilisé pour évaluer la santé de la végétation. Il mesure la teneur en chlorophylle des plantes grâce à des capteurs embarqués sur des satellites ou des drones. Le NDVI possède une propriété physique, la réflectance, qui mesure la capacité des plantes à réfléchir la lumière. (Aparicio et al., 2002).

Pour calculer le Normalized Vegetation Index NDVI, on utilise la **réflectance des canaux rouge (R) et proche infrarouge (PIR)** mesurées dans la bande visible par des capteurs embarqués sur drones ou satellites.

La formule de calcul est :

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

III.5.2. Extraction des zones brûlées

Rapports de brûlage normalisés et relativisés différenciés pour l'extraction des zones brûlées. L'extraction des surfaces endommagées par les incendies de forêt dans la zone d'étude a été réalisée en utilisant le rapport de brûlage normalisé NBR (allant de -1 à 1) ; cet indice dérivé est basé sur les bandes proche infrarouge (NIR) et infrarouge hortwave 2 (SWIR2) des images Sentinel 2, il est basé sur la réflectance maximale de la végétation et du sol minéral pour fournir un indice de la quantité de végétation présente sur le paysage avant et après l'incendie, et ce selon les formules :

$$\text{NBR} = \frac{\text{NIR} - \text{SWIR2}}{\text{NIR} + \text{SWIR2}}$$

Où :

NBR - Taux de combustion normalisé

NIR - Proche infrarouge

SWIR2 – Infrarouge à ondes courtes

III.6. Etude de l'entomofaune associées au pin d'Alep

Afin de recueillir le plus d'informations sur l'entomofaune associée au pin d'Alep, nous avons réalisé une étude de synthèse dans différentes étage bioclimatiques dans les pinèdes d'Algérie.

Chapitre IV

*Dépérissement du pin d'Alep dans les
forts de Khenchela*

IV.1. Facteurs anthropiques

IV.1.1. Surpâturage

Cette activité est directement liée aux facteurs anthropiques, car l'intense activité pastorale en forêt assure une production fourragère appréciable utilisée par les troupeaux. Le pâturage a pour effet d'éliminer les rajeunissements, les branches basses et les rejets.

De son part **Le Houerou, (1980)** a signalé que le surpâturage est parfois souhaité, car le bétail participe au contrôle de la prolifération des strates arbustives et herbacées, hautement inflammables. Dans la région de Khenchela, les parcours en montagnes fournissent les valeurs les plus élevées de pâturages sur les formations de pin d'Alep, de chêne vert, de l'Asphodèle, et de genévrier. Selon les éleveurs de la région, dès fin juillet, les troupeaux se déplacent vers les forêts. En revanche, le surpâturage a toujours un effet néfaste sur la forêt du fait du broutage excessif de la végétation et des jeunes repousses forestières ; il provoque un tassement du sol par le piétinement ce qui empêche la régénération des peuplements, réduit la capacité de rétention en eau des sols et épuise les ressources disponibles ; il contribue à dégrader les parcours et expose le sol à l'érosion (**Ferka-Zazou, 2006**).

L'élevage bovin est le plus pratiqué par rapport l'élevage des bovine dans les zones montagneuses. D'après les statistiques de la direction des services agricoles DSA (2018), le cheptel de la wilaya de Khenchela abrite : 15 930 têtes de bovins ; 73 177 têtes de caprins ; et 432 898 têtes des ovins

La charge pastorale est plus intense dans les pinèdes d'Oulad Oudjana et d'Oulad Yaagoub en raison de la diversité végétale importante sur les deux forêts. Le bétail excessif détruit la végétation protectrice tout en rendant la surface du sol poudreuse par le piétinement. Elle provoque la disparition de la couche arable, l'élimination des arbres et une sensibilité accrue aux rafales de vent (**MATE, 2014**).



(Sources : El Ouadghiri, 2012)

Figure 9 : Surpâturage dans les forêts

IV.1.2. Défrichement

Le défrichement entraîne la destruction totale et irrémédiable de la végétation existante et la disparition définitive des zones boisées au profit d'usages alternatifs. Essentiellement, la justification de tous les défrichements réside dans les besoins de l'agriculture et de l'élevage (**Benabdeli, 1996**). D'après **Garah (2016)**, la dénudation des sols serait due au défrichement des terres par la population locale pour la culture des céréales. Par ailleurs, les terres ont également été défrichées pour la création de vergers fruitiers, qui se sont multipliés ces dernières années en lisière de forêt. Leur superficie a été multipliée par plus de trois (Fig 10).

Les populations montagnardes, privées de terres agricoles, continuent de cultiver la forêt à différents niveaux. La déforestation est inévitable afin de défricher les terres et de consommer le bois de chauffage utilisé pour cuisiner et se chauffer pendant l'hiver. La pauvreté et le chômage poussent les populations locales à commettre des crimes contre la forêt pour satisfaire leurs besoins fondamentaux, comme l'abattage et la vente illégaux de bois, la fabrication de charbon de bois, l'extension des parcelles céréalières et arboricoles par le défrichement et le pâturage excessif des animaux (Tatar, 2012). **Bouzekri (2015)** dans son étude sur l'évaluation multicritère des situations critiques au risque de la désertification dans les Aurès (Algérie) a signalé qu'en raison du changement climatique, les forêts ont subi un processus de dégradation qui a abouti à la conversion de zones forestières en forêts claires. Par ailleurs, le défrichement

des zones forestières, tant à des fins agricoles qu'horticoles, a entraîné la perte de 3 483 ha de cultures céréalières et de 1 276 ha de vergers.



Figure 10 : Défrichage dans la forêt de Ouled Oudjana (wilaya de Khenchela)

IV.1.3. Incendies

D'après **Borsali et al. (2014)** ; il est largement reconnu que les incendies constituent une menace importante pour l'état des écosystèmes. On sait qu'ils provoquent la destruction complète de la végétation et des dommages au sol et au paysage. Outre ces conséquences directes, les incendies peuvent également entraver la réintroduction de la végétation (Fig11). Les statistiques de la Direction Générale des Forêts (DGF) montrent qu'entre 1996 et 2005, 246 978 ha de forêts, garrigues, spartes et autres zones ont été brûlés (DGF, 2005). Les forêts de pins d'Alep et de chênes-lièges ont été les plus touchées (**Madoui, 2002**). 72% des incendies sont d'origine inconnue. 27 % sont délibérément fixés et 1 % ont d'autres causes (**Missoumi et al., 2002**).



Figure 11 : Incendie de la forêt de Khenchela en 2021 (Bakoune, 2021).

IV.1.3.1. Les incendies des forêts de Khenchela

Les forêts de Khenchela ont été exposées à de nombreux incendies, dont l'intensité variait d'une année à une autre, le plus grave étant survenu en 2012 et 2021. la figure 12 présente un graphique du bilan des incendies enregistrés à travers la wilaya au cours de la période entre 2010 et 2023.

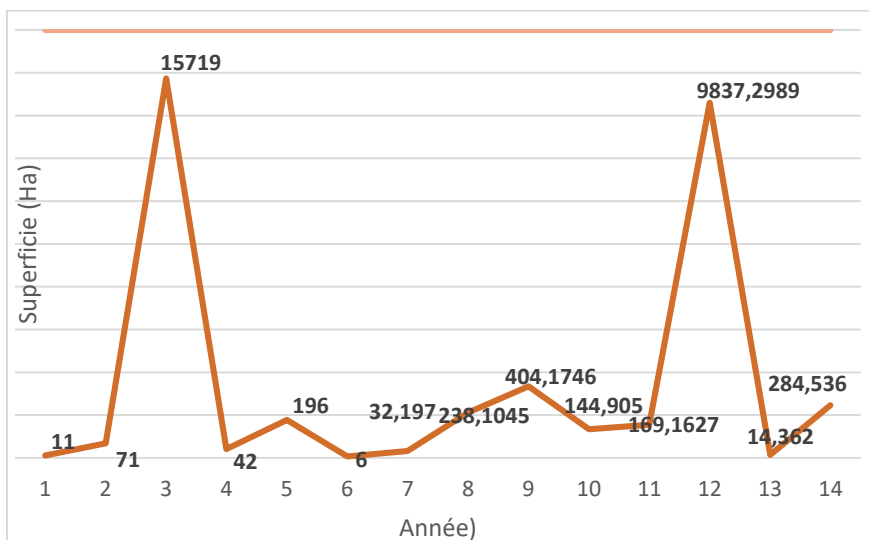


Figure 12 : Superficies brûlées dans les forêts de Khenchela à cause des incendies survenus entre 2010 et 2023

L'analyse de la figure 1 montre que les forêts de Khenchela sont exposées chaque année à des incendies à des degrés divers. L'incendie de 2021 a été le plus grave de tous en raison de la vaste superficie détruite (167,1627 Ha), suivi de l'incendie de 2012, où les zones brûlées ont été estimés à 15719 Ha.

Une variation a été enregistrée également dans le nombre d'incendies selon les mois. Durant la période s'étendant de 2010 à 2023 (Fig13), le plus grand nombre d'incendies a été enregistré au cours du mois d'août (165 incendies), suivi du mois de juillet (150 incendies), puis du mois de juin (77 incendies). C'est à dire la plupart des incendies éclatent en été.

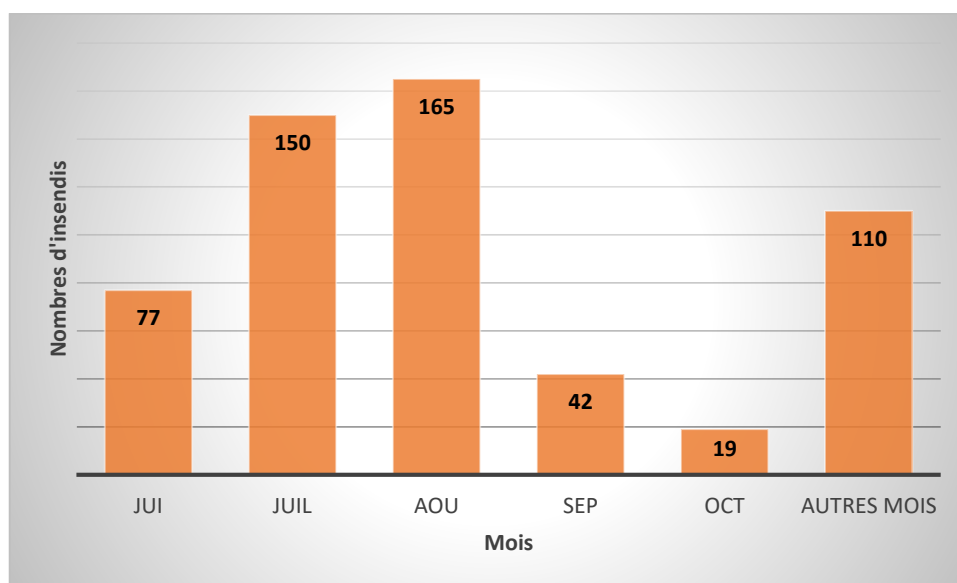


Figure 13 : Nombre d'incendies dans les forêts de Khenchela par mois sur la période entre 2010 et 2023

IV.1.3.2. La pinède de Ouled Yagoub

Les données sur les superficies parcourues par le feu (Ha) dans la pinède de Ouled Yaagoub (Khenchela) durant la période allant de l'année 2012 à 2023 sont présentées dans ce document en annexe. 03 et rapportées dans la figure 14

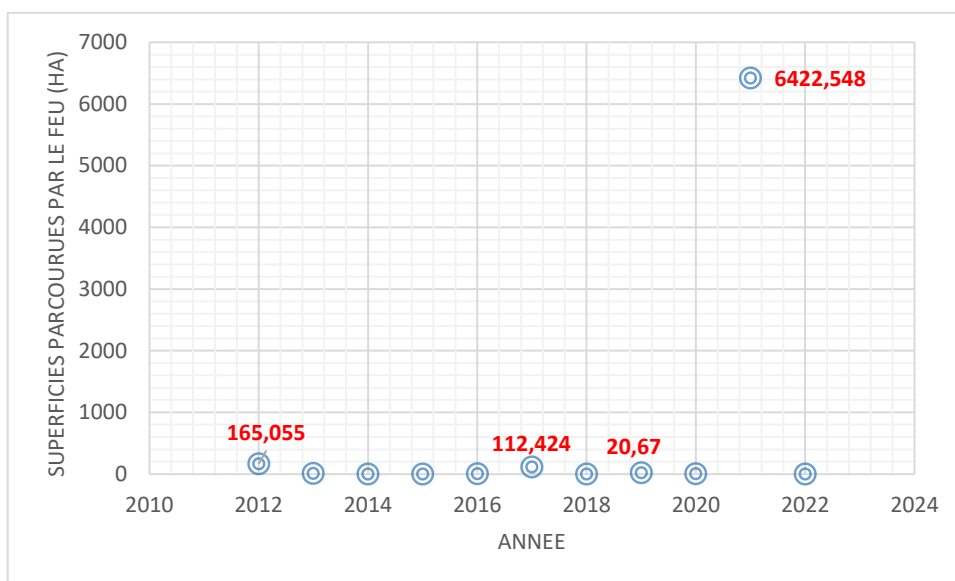


Figure 14 : Les incendies et les superficies brûlées dans la pinède de Ouled Yagoub (Khenchela) durant la période entre 2010 et 2023

La figure 12 nous montre que la pinède de Ouled Yaagoub est exposée chaque année à des incendies d'intensité variable. L'incendie de 2021 occupe la première place en termes d'intensité, ainsi que de superficie parcourues par le feu, estimée à 6 422.548 hectares soit 23.52% de la superficie total de la forêt

IV.1.3.3. La pinède de Bni Imloul

Les superficies parcourues par le feu (Ha) dans la pinède de Bni Imloul (Khenchela) durant la période allant de l'année 2012 à 2023 sont rapportées dans ce document en annexe 03 et illustré dans la figure15

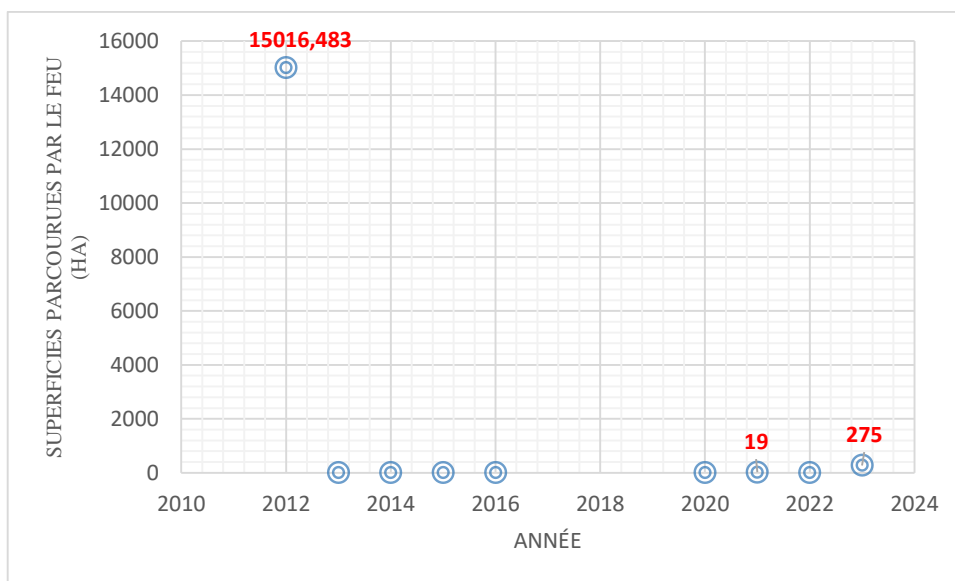


Figure 15 : Les incendies et les superficies brûlées dans la pinède de Bni Imloul (Khenchela) durant la période entre 2010 et 2023.

La lecture de la Figure 01 nous montre que la plus grande superficie parcourue par les incendies dans la forêt de Beni Imelloul a été enregistrée en 2012, avec une superficie estimée à 15016,483 hectares soit 22.20% de la superficie total. Suivi par l'incendie qui s'est déclaré en 2023, puis celui de 2021, avec des superficies estimées respectivement à 275 et 19 hectares.

IV.1.3.4. La pinède de Ouled Oudjana

L'annexe n 03 et la figure 16 représentent les données les superficies recouvrées par le feu (Ha) dans la pinède de Oules Oudjana (Khenchela) durant la période allant de l'année 2012 à 2023.

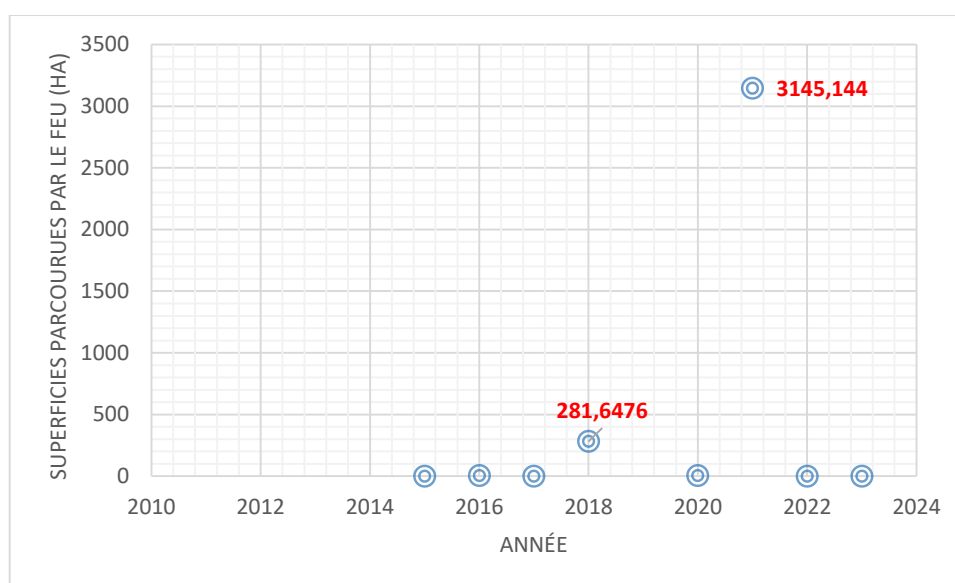


Figure 16 : Les incendies et les superficies brûlées dans la pinède de Ouled Oudjana (Khenchela) durant la période entre 2010 et 2023

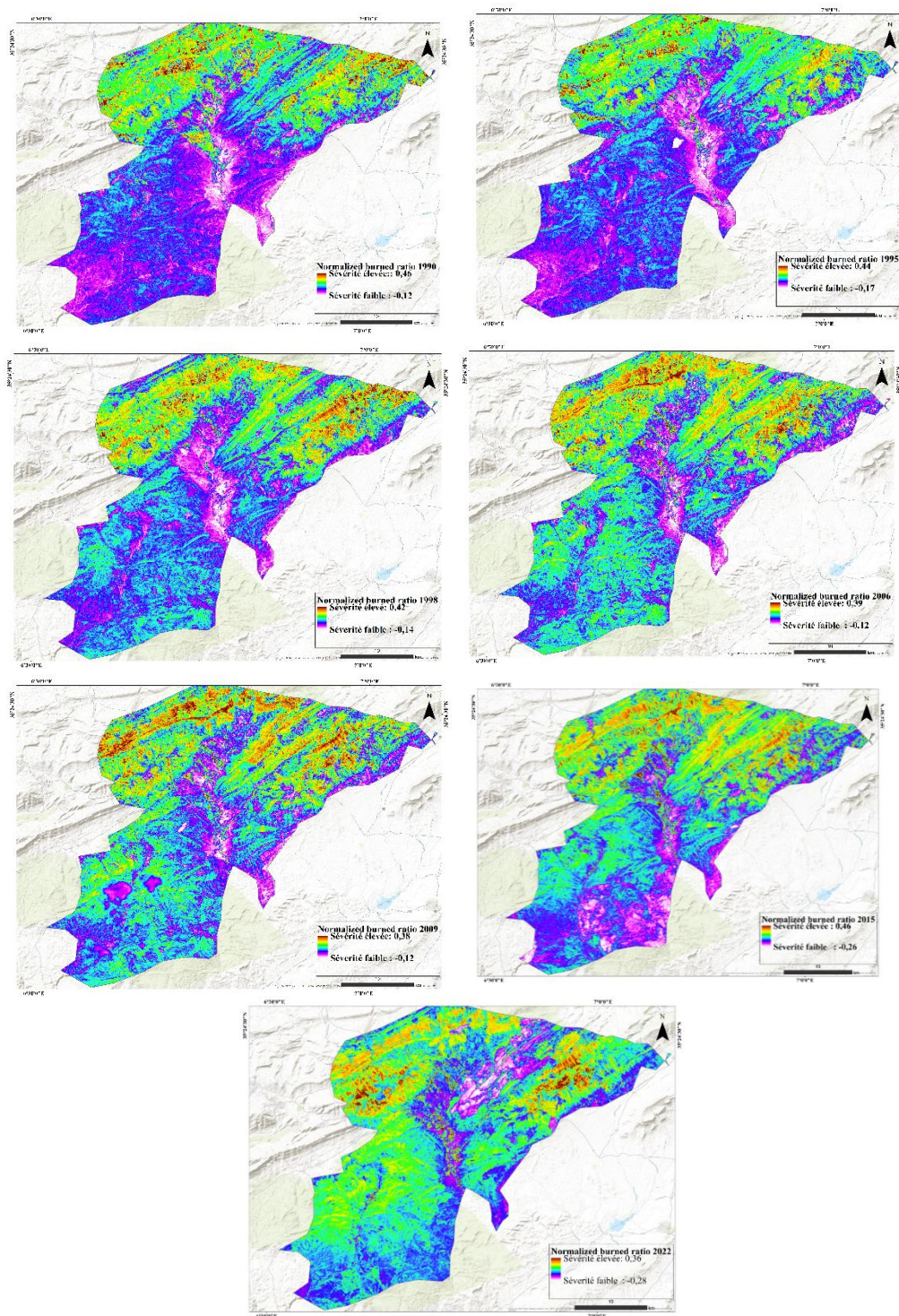
L'analyse des résultats la figure montre que, la pinède de Ouled Oudjana a été exposée au plus grand incendie en juillet 2021 où le feu a couvert une superficie de 3145,144 hectares soit 14.51% de la superficie totale. Puis l'incendie de 2018 avec une superficie parcourue par le feu égale à 281,6476 hectares

La vulnérabilité des écosystèmes forestiers aux incendies augmente lorsque plusieurs facteurs se combinent. D'après **Merdas (2007)** le déclenchement d'incendies nécessite généralement plusieurs facteurs dont le premier est la présence d'une source d'inflammation externe. Par la suite, l'intensité et la propagation des incendies de forêt dépendent de multiples facteurs tels que les conditions climatiques (vitesse/direction du vent, température, humidité...), le contexte physique de l'écosystème (pentes, exposition, morphologie...) et le type et la composition de la végétation. **Rahmani et Benmassoud en 2019** ont identifié les forêts des

monts Aurès comme des régions à haut risque d'incendies de forêt. Cette évaluation a été éclairée par un certain nombre de facteurs contributifs, notamment le risque élevé d'incendie dans la région, qui est influencé par de multiples facteurs interdépendants. 1) La région est caractérisée par un relief élevé, avec des pentes dépassant 45 %. 2) Le paysage est dominé par des piémonts et des montagnes de taille moyenne à élevée. 3) La végétation dominante est constituée d'essences hautement combustibles, dont le chêne vert et le pin d'Alep. Selon **Boulghobra (2021)** Par ailleurs, l'année 2021 se caractérise par des vagues de chaleur exceptionnelles dans toute l'Algérie atteignant 49 °C dans les régions sahariennes ; la région de Khenchela a également été marquée par des records quotidiens extrêmes, l'incendie de forêt du 5 juillet ayant été précédé d'une longue période de températures ascendantes. Du 24 juin au 5 juillet, les températures maximales quotidiennes présentent une augmentation continue de 39 à 44 °C ; Ceci, associé à une forte évapotranspiration et à une sécheresse pluviométrique, pourrait contribuer à favoriser considérablement l'aptitude à l'apparition des incendies, initiée le 5 juillet près de l'agglomération d'Ain Mimoun (Ouled Yagoub et Ouled Oudjana).

Rapports de brûlure normalisé (NBR)

Les résultats du rapport de brûlure normalisé (NBR) dans le massif de Bni Oudjana ; Ouled Yagoub et Bni Imlloul pour les années : 1990 - 1995 - 1998 – 2006 - 2009 - 2015 - 2022, sont illustrés dans les cartes de la figure 17 et l'histogramme rapporté dans la figure 18.



Boultif M, 2024

Figure 17 : Carte du Rapports de brûlure normalisé (NBR) dans le massif de Bni Oudjana ; Ouled Yagoub et Bni Imlloul : 1990 ; 1995 ; 1998 ; 2006 ; 2009 ; 2015 ; 2022

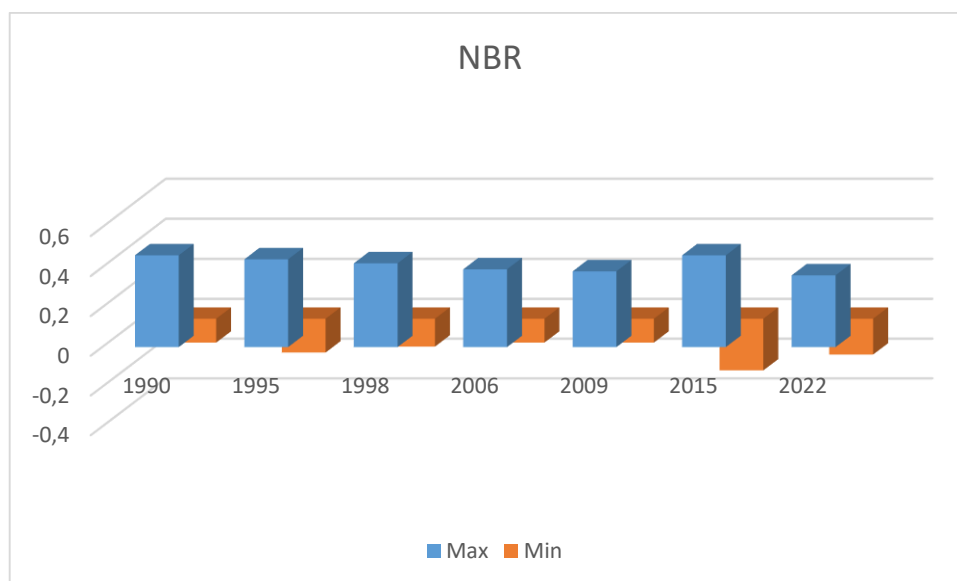


Figure 18 : Histogramme des valeurs extrêmes de l'indice calculé (NBR) du massifs Beni Oudjana, Oules Yagoub et Beni Imlloul

L'analyse des résultats des figures 17 et 18, nous montre que, les valeurs de l'indice calculé (NBR) étaient inférieures à -1 pour toutes les années prélevés. Le maximum a été enregistré en 2021 et 2022, avec une valeur de 0,36. Cet indice (NBR) est l'une des indices les plus efficaces pour évaluer, classer et cartographier la gravité des incendies de forêt (Boulghobra ; 2021).

IV.1.4. Surexploitation des eaux souterrain

L'eau revêt une importance primordiale pour tous les êtres vivants et constitue un facteur fondamental dans le développement de sociétés durables. Son importance stratégique augmente à mesure qu'elle est de plus en plus reconnue comme une ressource vitale pour des raisons économiques et environnementales.

D'après **Burke et Moench (2000), PNUE (2003) et FAO (2003)**, le taux de croissance démographique élevé entraîne un besoin accru en eau pour la production agricole et le développement industriel, ce qui conduit finalement à un pompage accru des eaux souterraines dans le monde.

La wilaya de Khenchela a connu une augmentation notable du nombre de forage dans toutes les communes notamment dans les zones agricoles (Tab 4).

Tableau 4 : Le nombre de forages dans la wilaya de Khenchela est indiqué dans le tableau 1

Daira	Commune	Nombre de forage AEP	Nombre de forage irrigation
Khenchela	Khenchela	34	267
Elhamma	Elhamma	10	
	Baghai	10	
	N'sigha	7	
	Tamza	12	
Kais	Kais	11	
	Taouzient	11	
	Remila	11	
Chachar	Chachar	11	
	Oualdja	1	
	Kheirene	6	
	Djellel	4	
Ain Touila	Ain Touila	5	
	M'Toussa	3	
Bouhmama	Bouhmama	7	
	Chelia	6	
	Yabous	9	
	M'Sara	6	
Ouled Rechache	Ouled Rechache	9	
	Mahmel	6	
Babar	Babar	10	
Total		189	

AEP : Alimentation En Eau Potable (Source : Direction des ressources en eau de de Khenchela, 2024)

L'analyse des résultats du tableau 4 indique que le nombre des forages AEP dans la région de Khenchela a atteint 189 puits en 2024, selon la Direction des ressources en eau de Khenchela. La zone s'étendant sur la pinède de Beni Oudjana occupe la première place avec 37 forages, elle comprend les communes de Taouzient, Rmeila, Chelia et Yabous avec un nombre respectif

de puits de 11 ; 11 ; 9 et 9. Suivi par la zone qui comprend la pinède de Ouled Yaagoub, avec un nombre de puits égal à 22 dans chacune de la commune de Tamza (12 puits) et de la commune d'El Hamma (10 puits). Vient ensuite la zone de la pinède d'Oulad Imlloul, avec un nombre de forages égal à 13 dans chacune des communes de M'Sara (6 puits) et la commune de Bouhmama (07 puits). En outre, il existe un total de 267 puits destinés à l'irrigation agricole répartis dans toutes les communes de la wilaya surtout au niveau des zones agricoles.

Selon **AGW-Net et al (2023)**, l'augmentation du pompage peut entraîner une baisse extrême du niveau des eaux souterraines. Les conséquences de la surexploitation des eaux souterraines sont nombreuses et souvent irréversibles.

Les impacts directs de la surexploitation des eaux souterraines sont :

- Une réduction des niveaux et des pressions des eaux souterraines ;
- Une réduction des rejets d'eaux souterraines au profit des sources, du débit de base des cours d'eau et des écosystèmes aquatiques ;
- Une détérioration de la qualité des eaux souterraines (salinisation) ;
- Affaissement de la surface terrestre.

De son part, **Chaffai en 2013** a indiqué que l'hydrogéologie des régions arides et semi-arides d'Algérie est un sujet complexe, notamment dans la région de Khenchela, où une sécheresse chronique et un équilibre climatique persistant négatif ont conduit à l'impossibilité de justifier ou de préciser l'existence d'une recharge des aquifères.

IV.1.5. La pollution des eaux souterrain

L'expansion des zones urbaines et la croissance des activités industrielles ont entraîné une augmentation de la consommation d'eau, entraînant le rejet d'une quantité importante d'eaux usées dans le milieu naturel (**Ghazali et al. 2013**). En outre, l'industrialisation, l'utilisation non rationnelle des engrais et des pesticides et le manque général de sensibilisation de la population à la protection de l'environnement ont contribué à un déséquilibre de l'écosystème et à la génération de polluants pouvant affecter la qualité de l'eau (aspects physico-chimiques et biologiques) (**Mullis et al. 1997**).

L'arboriculture fruitière, en particulier la culture des pommes dans la wilaya de Khenchela, a connu une perpétuelle développement ces dernières années (Fig 19), cela s'est accompagné d'une utilisation accrue d'intrants chimiques (engrais et pesticides).

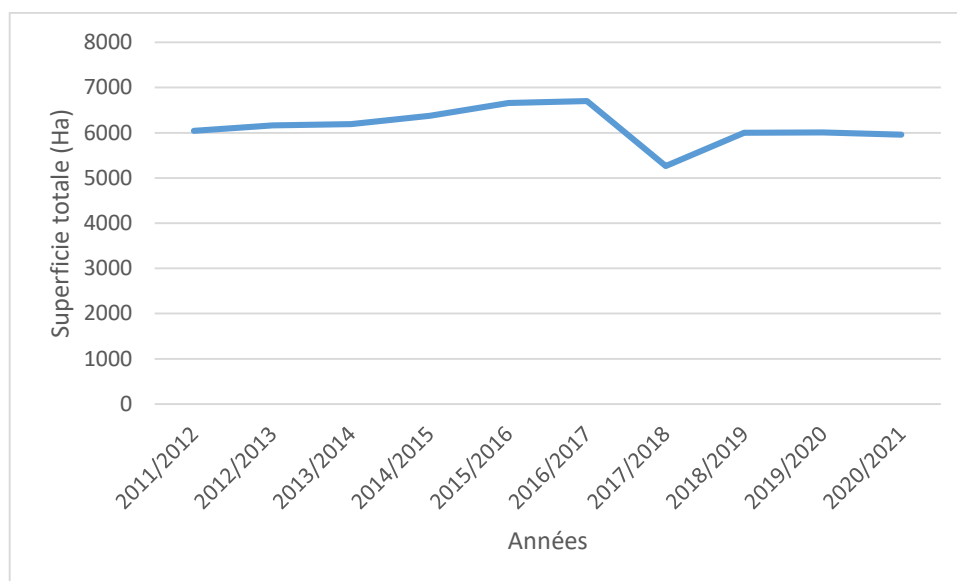


Figure 19 : Evolution des superficies de la culture du pommier durant la période allant du 2011 à 2021

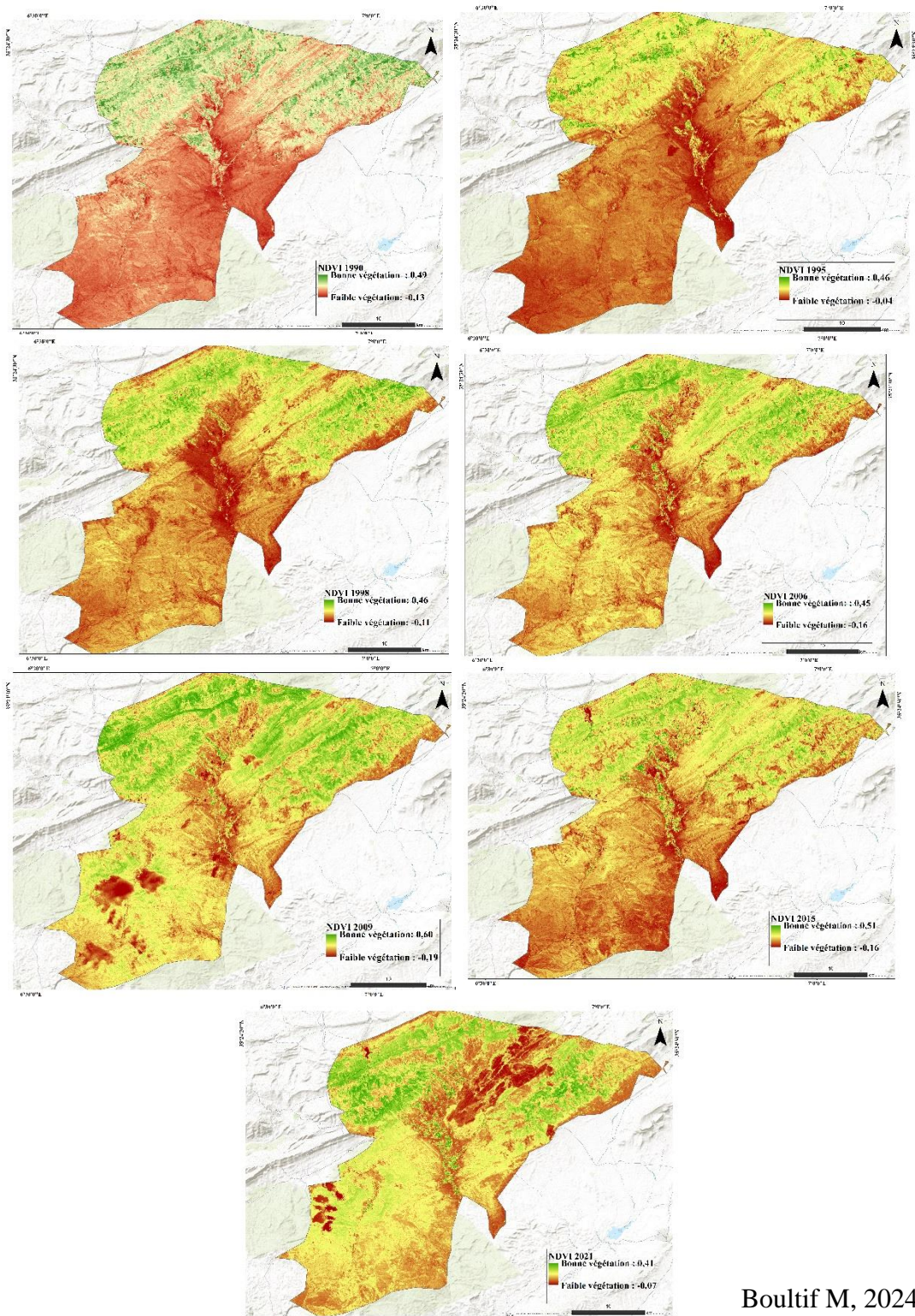
En lisant la figure 17, on constate que les superficies de pomiculture dans la wilaya de Khenchela ont augmentés progressivement chaque année jusqu'à atteindre le maximum en 2017 avec une superficie de 6 700 hectares. Par la suite elle a diminué en 2018, pour atteindre 5 412 hectares. Puis elles ont rapidement augmenté en 2021 avec des superficies de 5 960 Ha. Parallèlement, les ressources en eau de la région ne sont peu renouvelables particulièrement vulnérables aux micropolluants et aux pesticides.

Notre étude fournit des informations préliminaires sur la contamination causée par certains composants actifs présents dans les entrants chimiques largement utilisés par les agriculteurs de la région. En collectant des données à l'aide d'une enquête que nous avons adressées à certains vendeurs de pesticides, nous avons préparé une liste préliminaire de ces matériaux composée de 98 produits phytosanitaires (Annexe n° 1).

L'utilisation de pesticides en agriculture a suscité d'importantes inquiétudes concernant la pollution de l'eau dans de nombreux pays, notamment dans la région méditerranéenne. Selon l'OCDE (2004), cité par **Keddal et Yao N'dri en 2007**, les produits chimiques utilisés dans les pratiques agricoles peuvent potentiellement contaminer les eaux souterraines et les eaux de surface. **González et al. (2012)** et **Kouzayha et al. (2012)** ont également souligné cette problématique, indiquant que les pesticides utilisés en agriculture peuvent avoir un impact sur l'environnement.

IV.2. Les facteurs abiotiques**IV.2.1. Le changement climatique**

Les figures 16 et 18 illustrent les fluctuations des valeurs de l'indices observées (NDVI et NBR) dans la zone d'étude au cours de plusieurs années (1990 ; 1995 ; 1998 ; 2006 ; 2009 ; 2019 et 2021). Ainsi que les histogrammes 20 et 21 représentent les valeurs extrêmes des indices calculés du massifs Beni Oudjana, Oules Yagoub et Beni Imlloul.



Boultif M, 2024

Figure 20 : Carte de l'indice de végétation par différence normalisée (INDVI) dans le massif de Bni Oudjana ; Ouled Yagoub et Bni Imlloul : 1990 ; 1995 ; 1998 ; 2006 ; 2009 ; 2019 et 2021

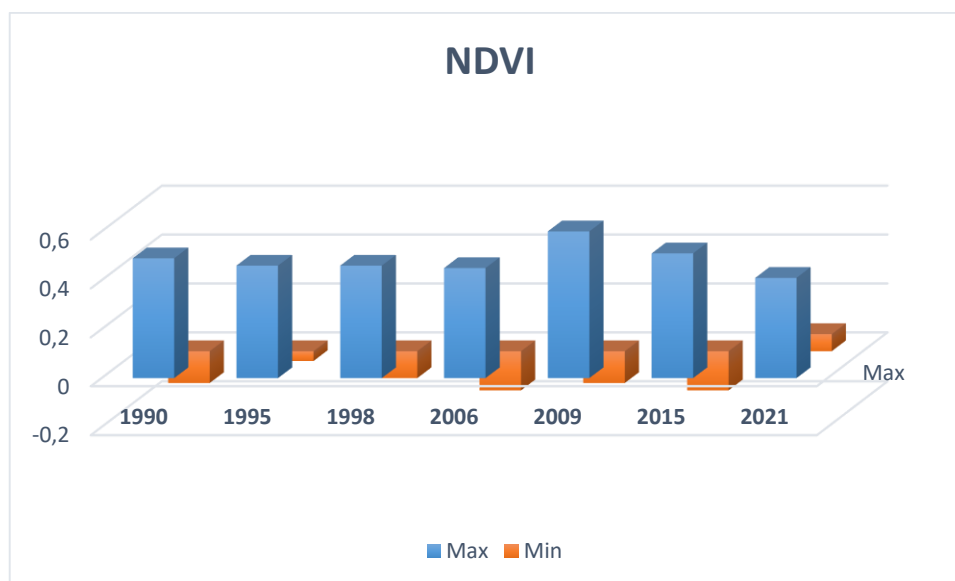


Figure 21 : Histogramme des valeurs extrêmes de l'indice calculé (NDVI) du massifs Beni Oudjana, Oules Yagoub et Beni Imlloul

La lecture des figures 20 et 21 montre que les valeurs de l'indice calculée pour la zone d'étude varient d'une année à l'autre. Les conditions environnementales et plus particulièrement les conditions climatiques de la région jouent le rôle principal dans cette différence interannuelle. L'NDVI présente des valeurs minimales les plus basses de l'ordre de -1 lors de toutes les années prélevées. Les valeurs maximales sont enregistrées en 2021 et 2022 avec une valeur de 0.41.

Nos résultats sont similaires à ceux de **Garah (2020)** pour la période s'étendant entre 1995 et 2014.

IV.3. Facteurs biotiques.

IV.3.1. Les attaques des ravageurs

Actuellement la majorité des forêts et reboisements sont déséquilibrés, ce qui se traduit par une augmentation des facteurs contribuant à l'agression et un affaiblissement de la résistance des espèces, accompagné d'une augmentation de la propagation des parasites et d'une exacerbation des dégâts.

IV.3.1.1. Etude de l'entomofaune associée aux pin d'Alèpe en Algérie

Une synthèse des études a été menée pour recenser les insectes associés aux pins d'Alep en Algérie. Nous montrons dans le tableau 5 les résultats obtenus.

Tableau 5 : Inventaire taxonomique de l'entomofaune associés aux pins d'Alèpe en Algérie.

Ordre	Famille	Espec	Référence	Région	Régime alimentaire	
Lepidoptera	Notodontidae	<i>Thaumetopoea pityocampa</i> (Denis & Schiffermuller)	(Ghersallah et Souici, 2023)	Bordj Bou Arreridj	Xylophage	
			(Mechri, 2018)	Djelfa		
			(Souttou et al, 2015)	Chbika (Djlefa)		
			(Lakehal et Metrouh, 2019)	Snelba (Djelfa)		
			(Bouzar-Essaidi, 2021)	Tipaza		
			(Dadouche et Sakhraoui, 2020)	Bordj Bou Arreridj		
	Buprestidae		<i>Perotis unicolor</i>	(Guit, 2015)	Snelba (Djelfa)	Xylophage
			<i>Chalcophora mariana L.</i>	(Guit, 2015)	Snelba (Djelfa)	xylophage
			<i>Phaenops cyanea</i>	(Guit, 2015)	Snelba (Djelfa)	xylophage
			<i>Anthaxia rugicolis</i>	(Guit, 2015)	Snelba (Djelfa)	xylophage
	Tortricidae		<i>Blastesthia (= Evitria) turionella</i>	(Khouas et Dellil, 2016)	Réserve de chasse de Ziralda	xylophage
Papilionidae		<i>Papilio manchaon</i>	(Khouas et Dellil, 2016)	Réserve de chasse de Ziralda	Phytophage	

	Pyrilidea	<i>Dioryctria splendidelia</i>	(Khouas et Dellil, 2016)	Réserve de chasse de Ziralda	Phytophage
	Pieridae	<i>Pieris brassicae</i> Linné, 1758	(Souttou et al, 2015)	Chbika (Djlefa)	Phytophage
Orthoptera	Gryllidae	<i>Gryllomorpha</i> sp.	(Souttou et al, 2015)	Chbika (Djlefa)	Phytophage
		<i>Gryllus</i> sp	(Mechri, 2018)	Djelfa	Phytophage
	Blattoptera	<i>Ectobius</i> sp. Stephens, 1835	(Souttou et al, 2015)	Chbika (Djlefa)	Phytophage
	Acrididae	<i>Chorthippus</i> sp.1	(Mechri, 2018)	Djelfa	Phytophage
		<i>Chorthippus</i> sp.2	(Mechri, 2018)	Djelfa	Phytophage
		<i>Stenobothrus</i> sp	(Mechri, 2018)	Djelfa	Phytophage
	Tetrigidae	<i>Tetrix</i> sp	(Mechri, 2018)	Djelfa	Phytophage
Coleoptera	Buprestidae	<i>Anthaxia</i> sp.	(Souttou et al, 2015)	Chbika (Djlefa)	Xylophage
		<i>Acmaeodera bipunctata</i>	(Mechri, 2018)	Djelfa	Xylophage
		<i>Anthaxia funerula</i>	(Mechri, 2018)	Djelfa	Xylophage
		<i>Anthaxia</i> sp	(Mechri, 2018)	Djelfa	Xylophage
	Chrysomelidae	<i>Aphthona</i> sp. Chevrolat, 1842	(Souttou et al, 2015)	Chbika (Djlefa)	Phytophage
		<i>Galeruca interrupta</i>	(Mechri, 2018)	Djelfa	Phytophage
		<i>Oulema melanopus</i>	(Mechri, 2018)	Djelfa	Phytophage
	Tenebrionidae	<i>Pimelia</i> sp. Fabricius, 1775	(Souttou et al, 2015)	Chbika (Djlefa)	Phytophage

Coleoptera		<i>Tentyria</i> sp. Latreille, 1802	(Souttou et al, 2015)	Chbika (Djlefa)	Phytophage	
		<i>Sepidium</i> sp. Fabricius, 1775	(Souttou et al, 2015)	Chbika (Djlefa)	Phytophage	
		<i>Erodium</i> sp. Solier, 1834	(Souttou et al, 2015)	Chbika (Djlefa)	Phytophage	
		<i>Pachychila</i> sp. Boettger, 1893	(Souttou et al, 2015)	Chbika (Djlefa)	Phytophage	
		<i>Tentyria curculionides interrupta</i> (Latreille, 1807)	(Mecheri et al, 2014)	Djelfa	Phytophage	
		<i>Blaps gigas</i> (Linnaeus, 1767)	(Mecheri et al, 2014)	Djelfa	Phytophage	
		<i>Nalassus</i> sp	(Lakehal et Metrouh, 2019)	Snelba (Djelfa)	Phytophage	
		<i>Blaps gigas</i>	(Mechri, 2018)	Djelfa	Phytophage	
		<i>Pimelia</i> sp	(Mechri, 2018)	Djelfa	Phytophage	
		<i>Tentyria interrupta</i>	(Mechri, 2018)	Djelfa	Phytophage	
	Scarabaeidae		<i>Rhizotrogus</i> sp. Olivier, 1789	(Souttou et al, 2015)	Chbika (Djlefa)	Prédateur
			<i>Geotrupes</i> sp. Latreille, 1796	(Souttou et al, 2015)	Chbika (Djlefa)	Prédateur
			<i>Amphimallon</i> sp (Berthold, 1827)	(Mecheri et al, 2014)	Djelfa	Prédateur
Curculionidae		<i>Gonocleonus scalptus</i> Faust, 1904	(Souttou et al, 2015)	Chbika (Djlefa)	Phytophage	

Curculionidae			
<i>Otiorhynchus</i> sp. Germar, 1822	(Souttou et al, 2015)	Chbika (Djlefa)	Phytophage
<i>Barynotus</i> sp. Germar, 1817	(Souttou et al, 2015)	Chbika (Djlefa)	Phytophage
<i>Ceutorhynchus</i> sp (Germar, 1824)	(Mecheri et al, 2014)	Djelfa	Phytophage
<i>Sitona longulus</i> (Gyllenhal, 1834)	(Mecheri et al, 2014)	Djelfa	Phytophage
<i>Anthonomus pedicularius</i> (Germar, 1817)	(Mecheri et al, 2014)	Djelfa	Phytophage
<i>Crypturgus</i> sp	(Khouas et Dellil, 2016)	Réserve de chasse de Ziralda	Phytophage
<i>Orthotomicus</i> sp	(Khouas et Dellil, 2016)	Réserve de chasse de Ziralda	Phytophage
<i>Hylobius</i> sp	(Khouas et Dellil, 2016)	Réserve de chasse de Ziralda	Phytophage
<i>Tomicun piniperda</i>	(Khouas et Dellil, 2016)	Réserve de chasse de Ziralda	Phytophage
<i>Curculio</i> sp	(Khouas et Dellil, 2016)	Réserve de chasse de Ziralda	Phytophage
<i>Hylobius abietis</i>	(Khouas et Dellil, 2016)	Réserve de chasse de Ziralda	Phytophage
<i>Hylastes</i> sp	(Khouas et Dellil, 2016)	Réserve de chasse de Ziralda	Phytophage
<i>Rhyncolus</i> sp	(Khouas et Dellil, 2016)	Réserve de chasse de Ziralda	Phytophage
<i>Anthonomus pedicularius</i>	(Mechri, 2018)	Djelfa	Phytophage
<i>Ceutorhynchus</i> sp	(Mechri, 2018)	Djelfa	Phytophage
<i>Simo</i> sp	(Mechri, 2018)	Djelfa	Phytophage
<i>Sitona longulus</i>	(Mechri, 2018)	Djelfa	Phytophage
<i>Tentyria curculionides</i>	(Mechri, 2018)	Djelfa	Phytophage

Coleoptera	Carabidae	<i>Pterostichus</i> sp. <i>Bonelli</i> , 1810	(Souttou et al, 2015)	Chbika (Djlefa)	Prédateur
		<i>Amara equestris zabriodes</i> (Duftschmid, 1812)	(Mecheri et al, 2014)	Djelfa	Prédateur
		<i>Bembidion fulvipes</i> (Sturm, 1827)	(Mecheri et al, 2014)	Djelfa	Prédateur
		<i>Calathus luctuosus</i> (Latreille 1804)	(Mecheri et al, 2014)	Djelfa	Prédateur
		<i>Cychrus angustatus</i> (Hoppe & Hornschuch, 1825)	(Mecheri et al, 2014)	Djelfa	Prédateur
		<i>Duvalius</i> sp (Delarouzee, 1859)	(Mecheri et al, 2014)	Djelfa	Prédateur
		<i>Ophonus rufipes</i> (Degeer, 1774)	(Mecheri et al, 2014)	Djelfa	Prédateur
		<i>Ophonus</i> sp (Degeer, 1774)	(Mecheri et al, 2014)	Djelfa	Prédateur
		<i>Carabus</i> sp	(Khouas et Dellil, 2016)	Réserve de chasse de Ziralda	Prédateur

		<i>Carabus morbillous</i>	(Khouas et Dellil, 2016)	Réserve de chasse de Ziralda	Prédateur	
		<i>Calathus</i> sp	(Lakehal et Metrouh, 2019)	Snelba (Djelfa)	Prédateur	
		<i>Bembidion tetragrammum</i>	(Mechri, 2018)	Djelfa	Prédateur	
		<i>Bembidion fulvipes</i>	(Mechri, 2018)	Djelfa	Prédateur	
		<i>Broscus cephalotes</i>	(Mechri, 2018)	Djelfa	Prédateur	
		<i>Calathus luctuosus</i>	(Mechri, 2018)	Djelfa	Prédateur	
		<i>Calathus</i> sp	(Mechri, 2018)	Djelfa	Prédateur	
		<i>Cychrus angustatus</i>	(Mechri, 2018)	Djelfa	Prédateur	
		<i>Duvalius</i> sp1	(Mechri, 2018)	Djelfa	Prédateur	
		<i>Amara equestris</i>	(Mechri, 2018)	Djelfa	Prédateur	
		<i>Harpalus picipennis</i>	(Mechri, 2018)	Djelfa	Prédateur	
		<i>Harpalus</i> sp	(Mechri, 2018)	Djelfa	Prédateur	
		<i>Notiophilus</i> sp	(Mechri, 2018)	Djelfa	Prédateur	
		<i>Ophonus rufipes</i>	(Mechri, 2018)	Djelfa	Prédateur	
		<i>Ophonus</i> sp	(Mechri, 2018)	Djelfa	Prédateur	
	Coleoptera	Buprestidae	<i>Anthaxia funerula</i> (Illiger, 1803)	(Mecheri et al, 2014)	Djelfa	phytophages
			<i>Anthaxia semicuprea</i> (küster, 1852)	(Mecheri et al, 2014)	Djelfa	phytophage
		<i>Acmaeodera</i> sp (Eschscholtz, 1829)	(Mecheri et al, 2014)	Djelfa	phytophages	
	Coccinellidae	<i>Coccinella septempunctata</i>	(Mecheri et al, 2014)	Djelfa	Prédateur	
	Géotrupidae	<i>Trypocopris vernalis</i> (Linnaeus, 1758)	(Mecheri et al, 2014)	Djelfa	coprophage	
	Meliodae	<i>Meloe majalis</i> (Linnaeus, 1758)	(Mecheri et al, 2014)	Djelfa	phytophages	

Staphynilidae	<i>Quedius lateralis</i> (Bernhauer, 1908)	(Mecheri et al, 2014)	Djelfa	prédateurs
	<i>Ocypus</i> sp (Leach, 1819)	(Mecheri et al, 2014)	Djelfa	prédateurs
Trogidae	<i>Trox scaber</i> (Linnaeus, 1767)	(Mecheri et al, 2014)	Djelfa	prédateurs
Scolytidae	<i>Tomicus destruens</i>	(Lakehal et Metrouh, 2019)	Snelba (Djelfa)	xylophages
	<i>Orthotomicus erosu</i>	(Lakehal et Metrouh, 2019)	Snelba (Djelfa)	xylophage
	<i>Crypturgus numidicus</i>	(Lakehal et Metrouh, 2019)	Snelba (Djelfa)	xylophage
	<i>Hylurgus ligniperda</i> F	(Lakehal et Metrouh, 2019)	Snelba (Djelfa)	xylophage
	<i>Crypturgus cribrellus</i> R.	(Guit, 2015)	Snelba (Djelfa)	xylophage
	<i>Crypturgus mediterraneus</i> E.	(Guit, 2015)	Snelba (Djelfa)	xylophage
	<i>Crypturgus numidicus</i> F.	(Guit, 2015)	Snelba (Djelfa)	xylophage
	<i>Hylastes apacus</i> E.	(Guit, 2015)	Snelba (Djelfa)	xylophage
	<i>Hylastes cunicularius</i> E.	(Guit, 2015)	Snelba (Djelfa)	xylophage
	<i>Hylurgus ligniperda</i> F.	(Guit, 2015)	Snelba (Djelfa)	xylophage
	<i>Hylurgus micklitzii</i> W.	(Guit, 2015)	Snelba (Djelfa)	xylophage
	<i>Orthotomicus erosus</i> W.	(Guit, 2015)	Snelba (Djelfa)	xylophage

Coleoptera	Scolytidae	<i>Orthotomicus proximus</i> E.	(Guit, 2015)	Snelba (Djelfa)	xylophage
		<i>Pityogenes bidentatus</i> H.	(Guit, 2015)	Snelba (Djelfa)	xylophage
		<i>Procryphalus</i> sp.	(Guit, 2015)	Snelba (Djelfa)	xylophage
		<i>Tomicus destruens</i> L	(Guit, 2015)	Snelba (Djelfa)	xylophage
		<i>Tomicus destruens</i>	(Selami et Oricha, 2022)	Snelba (Djelfa)	xylophage
		<i>Crypturgus numidicus</i> (Fferrari, 1867)		Snelba (Djelfa)	xylophage
		<i>Pityogenes bidentatus</i>		Snelba (Djelfa)	xylophage
		<i>Tribolium castaneum</i>		Snelba (Djelfa)	xylophage
		<i>Orthotomicus erosus</i> (Wollaston, 1857)		Snelba (Djelfa)	xylophage
		<i>Tomicus piniperda</i>	(Nichane et al, 2014)	Mont Traras (Tlemcen)	xylophage
		<i>Orthotomicus erosus</i>	(Nichane et al, 2014)		xylophage
		<i>Orthotomicus laricius</i>	(Nichane et al, 2014)		xylophage
		<i>Pityogenes calcaratus</i>	(Nichane et al, 2014)		xylophage
		<i>Pityogenes bidentatus</i>	(Nichane et al, 2014)		xylophage
		<i>Crypturgus mediterraneus</i>	(Nichane et al, 2014)		xylophage
		<i>Hylurgus ligniperda</i>	(Nichane et al, 2014)		xylophage
		<i>Rhyncolus</i> sp	(Nichane et al, 2014)		xylophage
		<i>Blastophagus piniperda</i>	(Khouas et Dellil, 2016)	Réserve de chasse de Ziralda	xylophage
	Glomeraceae	<i>Rhizophagus</i> sp	(Lakehal et Metrouh, 2019)	Snelba (Djelfa)	saprophage

Histeridae	<i>Paromalus parallelepipedus</i>	(Lakehal et Metrouh, 2019)	Snelba (Djelfa)	saprophage
Cerambycidae	<i>Arhopalus ferus D.</i>	(Guit, 2015)	Snelba (Djelfa)	xylophage
	<i>Arhopalus rusticus L.</i>	(Guit, 2015)	Snelba (Djelfa)	xylophage
	<i>Arhopalus syriacus L.</i>	(Guit, 2015)	Snelba (Djelfa)	xylophage
	<i>Ergates faber L.</i>	(Guit, 2015)	Snelba (Djelfa)	xylophage
	<i>Hesperophanes sericeus F.</i>	(Guit, 2015)	Snelba (Djelfa)	xylophage
	<i>Criocephalus rusticus</i>	(Nichane et al, 2014)		xylophage
Scarabaeidae	<i>Potosia opaca</i>	(Mechri, 2018)	Djelfa	xylophage
	Amphimallon sp	(Mechri, 2018)	Djelfa	xylophage
	<i>Polyphylla fullo</i>	(Khouas et Dellil, 2016)	Réserve de chasse de Ziralda	xylophage
	<i>Scarabaeus</i> sp	(Khouas et Dellil, 2016)	Réserve de chasse de Ziralda	xylophage
Brachyceridae	<i>Brachycerus muricatus</i>	(Mechri, 2018)	Djelfa	phytophages
Geotrupidae	<i>Trypocopris vernalis</i>	(Mechri, 2018)	Djelfa	coprophage
Meliodae	<i>Meloe majalis</i>	(Mechri, 2018)	Djelfa	phytophage
	<i>Mylabris</i> sp	(Mechri, 2018)	Djelfa	phytophage
	<i>Mylabris</i> sp	(Mechri, 2018)	Djelfa	phytophage
Rhipicendae	<i>Sandalus</i> sp	(Mechri, 2018)	Djelfa	xylophage
Staphylinidae	<i>Ocypus ophthalmicus</i>	(Mechri, 2018)	Djelfa	Prédateur
	<i>Ocypus</i> sp	(Mechri, 2018)	Djelfa	Prédateur
	<i>Pseudocypus aethiops</i>	(Mechri, 2018)	Djelfa	Prédateur
	<i>Quedius lateralis</i>	(Mechri, 2018)	Djelfa	Prédateur
Trogidae	<i>Trox scaber</i>	(Mechri, 2018)	Djelfa	coprophage
Andrenidae	<i>Andrena</i> sp. Fabricius, 1775	(Souttou et al, 2015)	Chbika (Djlefa)	phytophages

Hymenoptera	Formicidae	<i>CreMATogaster scutellaris</i>	(Khouas et Dellil, 2016)	Réserve de chasse de Ziralda	Prédateur
		<i>Cataglyphis truncatus</i> Spinola, 1808	(Souttou et al, 2015)	Chbika (Djlefa)	Prédateur
		<i>Cataglyphis</i> sp. 1 Förster, 1850	(Souttou et al, 2015)	Chbika (Djlefa)	Prédateur
		<i>Cataglyphis cursor</i> Fonscolombe, 1846	(Souttou et al, 2015)	Chbika (Djlefa)	Prédateur
		<i>Cataglyphis bicolor</i> Fabricius, 1793	(Souttou et al, 2015)	Chbika (Djlefa)	Prédateur
		<i>Tetramorium biskrensis</i> Menozzi, 1934	(Souttou et al, 2015)	Chbika (Djlefa)	Prédateur
		<i>Monomorium salomonis</i> Linné, 1758	(Souttou et al, 2015)	Chbika (Djlefa)	Prédateur
		<i>CreMATogaster auberti</i> Emery, 1869	(Souttou et al, 2015)	Chbika (Djlefa)	Prédateur
		<i>Aphaenogaster testaceopilosa</i> Lucas, 1849	(Souttou et al, 2015)	Chbika (Djlefa)	Prédateur
		<i>Camponotus truncatus</i> Spinola, 1808	(Souttou et al, 2015)	Chbika (Djlefa)	Prédateur
		<i>Tapinoma nigerrimum</i> Santschi, 1925	(Souttou et al, 2015)	Chbika (Djlefa)	Prédateur
	Apidae	<i>Bombus</i> sp. Latreille, 1802	(Souttou et al, 2015)	Chbika (Djlefa)	phytophages
		<i>Apis mellifera</i>	(Mechri, 2018)	Djelfa	phytophages
		<i>Cataglyphis</i> sp	(Mechri, 2018)	Djelfa	phytophages
		<i>Lasuis</i> sp	(Mechri, 2018)	Djelfa	phytophages

Hymenoptera		<i>Formica</i> sp	(Mechri, 2018)	Djelfa	phytophages
		<i>Formica</i> sp	(Mechri, 2018)	Djelfa	phytophages
		<i>Vespula vulgaris</i>	(Mechri, 2018)	Djelfa	phytophages
Hemiptera	Margarodidae	<i>Icerya purchasi</i> Maskell, 1878	(Souttou et al, 2015)	Chbika (Djelfa)	phytophage
	Pyrrhocoridae	<i>Pyrrhocoris apterus</i> Linné, 1758	(Souttou et al, 2015)	Chbika (Djelfa)	phytophage
	Cicadidae	<i>Cicada</i> sp	(Khouas et Dellil, 2016)	Réserve de chasse de Ziralda	phytophage
	Vespidae	<i>Vespa germanica</i>	(Khouas et Dellil, 2016)	Réserve de chasse de Ziralda	phytophage
Hétéroptères	Tingidae	<i>Tingis cardui</i>	(Mechri, 2018)	Djelfa	phytophages
Homoptère	Aphrophoridae	<i>Aphrophora salicina</i>	(Mechri, 2018)	Djelfa	phytophages
Isopoda	Porcellionidae	<i>Porcellio monticola</i>	(Lakehal et Metrouh, 2019)	Snelba (Djelfa)	phytophages
	Geotrupidae	<i>Geotrupes</i> sp. Latreille, 1796	(Khouas et Dellil, 2016)	Réserve de chasse de Ziralda	phytophage
	Cerambicidae	<i>Criocephalus ferrus</i>	(Khouas et Dellil, 2016)	Réserve de chasse de Ziralda	xylophage
Diptera	Cecidomyiidae	<i>Cecidomyia</i> sp	(Khouas et Dellil, 2016)	Réserve de chasse de Ziralda	phytophages
Diptères	Calliphoridae	<i>Calliphora</i> sp	(Mechri, 2018)	Djelfa	nécrophage
	Muscidae	<i>Musca domestica</i>	(Mechri, 2018)	Djelfa	saprophage
	Tachnidae	<i>Tachina magnicornis</i>	(Mechri, 2018)	Djelfa	prédateur
Dictyoptères	Blattellidae	<i>Loboptera decipiens</i>	(Mechri, 2018)	Djelfa	Prédateur
			(Masna et al, 2014)		Prédateur

		<i>Loboptera ovobata</i>	(Mechri, 2018)	Djelfa	Prédateur
			(Masna et al, 2014)	Djelfa	Prédateur
		<i>Ectobius</i> sp	(Masna et al, 2014)	Djelfa	Prédateur
		<i>Dziriblatia stenoptera</i>	(Mechri, 2018)	Djelfa	Prédateur
			(Masna et al, 2014)	Djelfa	Prédateur
		<i>Dziriblatia nigriventris</i>	(Mechri, 2018)	Djelfa	Prédateur
			(Masna et al, 2014)	Djelfa	Prédateur
		<i>Phyllodromica zebra</i>	(Mechri, 2018)	Djelfa	Prédateur
			(Masna et al, 2014)	Djelfa	Prédateur
		<i>Phyllodromica trivittata</i>	(Masna et al, 2014)	Djelfa	Prédateur
		<i>Blatella</i> sp	(Khouas et Dellil, 2016)	Réserve de chasse de Ziralda	Prédateur
Zugentomes	Lepismalidae	<i>Lepisma</i> sp	(Mechri, 2018)	Djelfa	Prédateur
	Cerambycidae	<i>Monochamus galloprovincialis</i>	(Nichane et al, 2014)	Mont Traras (Tlemcen)	phytophages
	Buprestidae	<i>Chalcophora mariana</i>			xylophage
	Curculionidae	<i>Curculio</i> sp			phytophage
	Colydiidae	<i>Colydium elongatus</i>			phytophage
	Histeridae	<i>Platysona angustatus</i>			phytophage
	Stricidae	<i>Sirex noctilio</i>			xylophage

IV.3.1.2. Importance de l'entomofaune répertoriée par ordre taxonomique

Un total de 190 espèces a été recensées sur différents étages bioclimatiques en Algérie, ces espèces sont appartenant de 57 familles et 11 ordres à savoir Lepidoptera, Orthoptera, Coleoptera, Hymenoptera, Hemiptera, Hétéroptères, Homoptère, Isopoda, Diptera, Dictyoptères et Zulentomes. Les coléoptères sont dominés avec 125 espèces) 24 familles soit 64,10% de la population globale, suivi par les Hyménoptères qui englobent 18 espèces (6.23%) ; puis les Lepidoptères représentent 14 espèces (7.17%). Les Orthoptères et les Zulentomes abritent 7 espèces pour chacun. Pour les autres ordres, le nombre des espèces ne dépasse pas 4 (Fig.22).

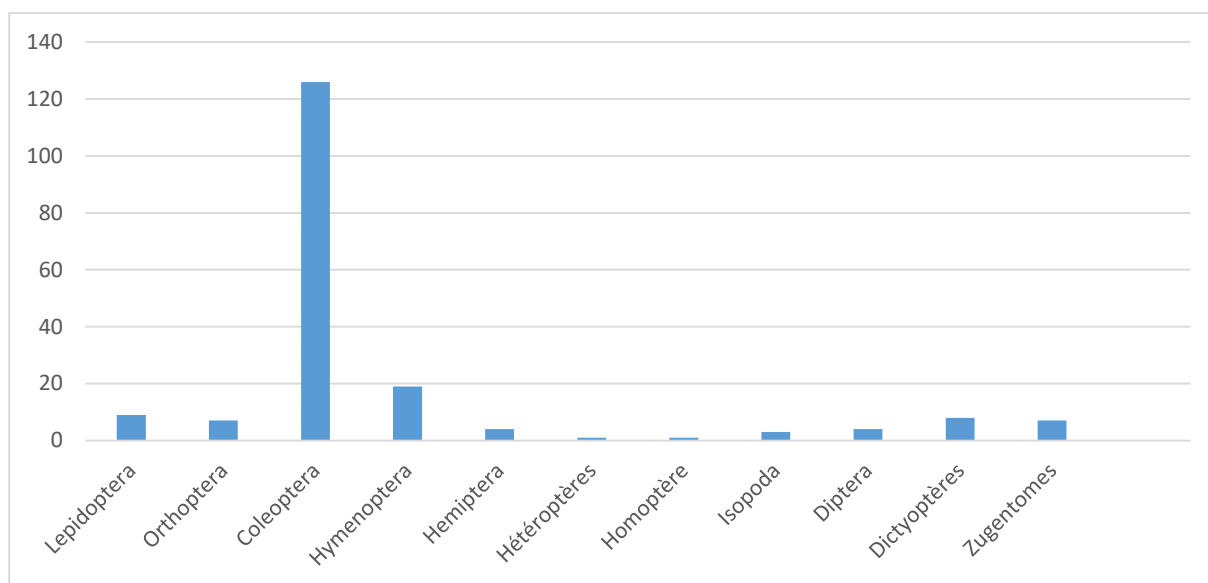


Figure 22 : Importance de l'entomofaune répertoriée par ordre taxonomique.

IV.3.1.3. Importance de l'entomofaune répertoriée par familles

La famille des Scolytidae est la famille la plus dominante avec 30 espèces recensées dont 19 espèces sont collectées dans l'étage bioclimatique semi aride (région de Djelfa). Les carabidae arrivent en deuxième position avec 24 espèces et la famille des Cucurionilidae occupe la troisième position avec un nombre d'espèce égal à 19. En quatrième position on trouve la famille des Blatelidae avec 13 espèces. La famille des Tenebridae et celle de Formicidae qui sont englobent 11 espèces pour chacune. Les Apidae abrite 7 espèces et les autres familles sont faiblement représentées (Fig23)

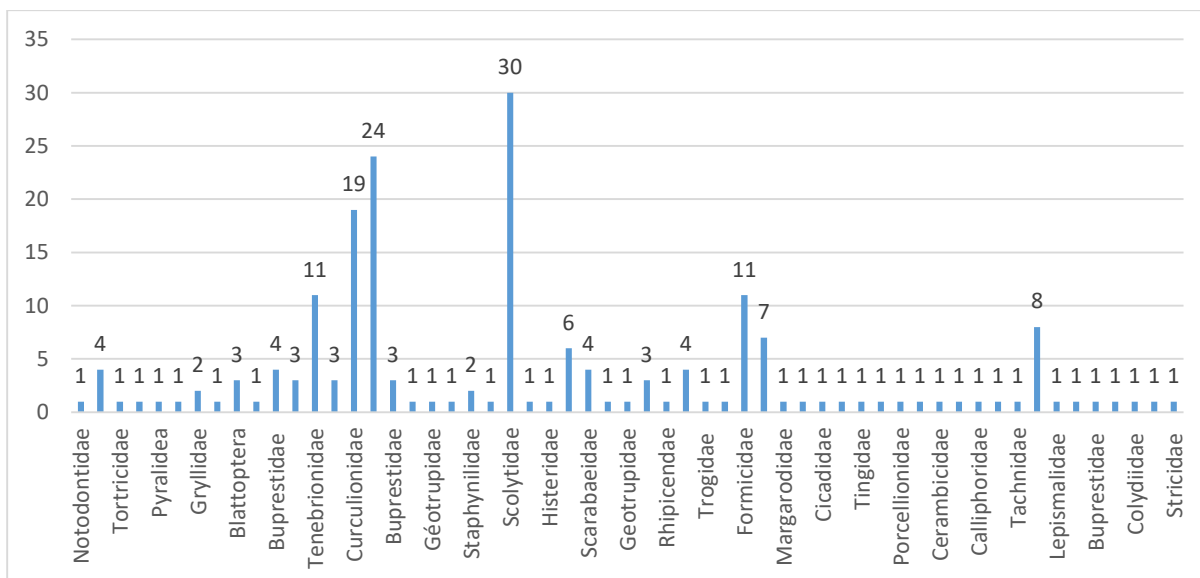


Figure 23 : Importance de l'entomofaune répertoriée par familles

IV.3.1.4. Statut trophique

Sur le plan trophique, notre étude renferme la présence de trois (03) catégories trophiques à savoir les phytophage avec 72 espèces, les prédateurs englobent 61 espèces et la catégorie des xylophages qui abrite 54 espèces (Fig24.)

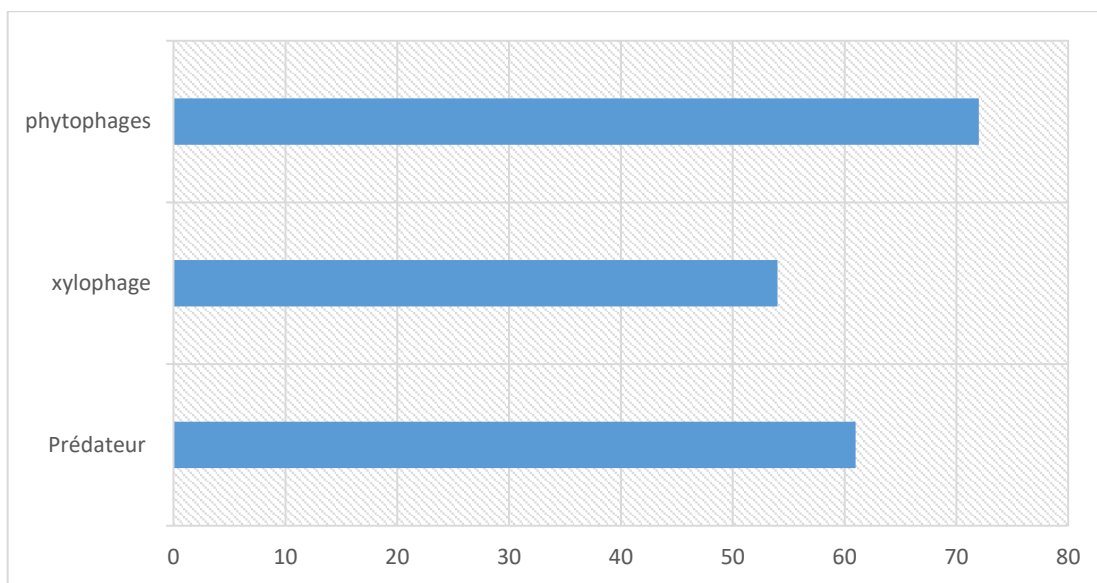


Figure 24 : Catégories trophiques

Plusieurs travaux d'inventaire de l'entomofaune liée aux pins d'Alep ont été menés en Algérie au sein des plusieurs régions. Cependant, nous n'avons enregistré aucune étude dans la zone d'étude, tandis que nous avons trouvé de nombreux travaux qui ont été réalisés dans l'étage bioclimatique semi-aride, que nous avons pris comme référence car ils se trouvent dans le même étage bioclimatique de la zone d'étude.

Dans la région de Djelfa plusieurs études entomofaunistique ont été faite sur le pin d'Alèpe, de son part **Souttou et al (2015)** a indiqué la présence de 87 espèces dans la foret de Chebika; alors que **Mechri (2018)** et **Guit (2015)** ont signalés respectivement la présence de 80 et 21 espèces dans la pinède de Snelba.

Parmi les ravageurs forestiers, la chenille processionnaire du pin (*Thaumetopoea pityocampa* Schiff.) est celle qui fréquente dans la plupart des inventaires réalisés (**Ghersallah et Souici, 2023**) (**Souttou et al, 2015 ; Mechri, 2018 ; Lakehal et Metrouh, 2019 ; Dadouche et Sakhraoui, 2020 ; Bouzar-Essaidi, 2021**). C'est une espèce très répandue sur l'ensemble des forêts de pin et de cèdre du bassin méditerranéen jusqu'en Afrique du nord et au Proche-Orient (**Grojean et al, 2006**).

Les pinèdes de l'Algérie, sont actuellement soumises à des attaques de la chenille processionnaire du pin, qui présente une parfaite synchronisation avec le changement climatique (**Rousselet, 2011**). Ces dernières années, selon **Battisti et al (2005)** cette espèce s'était répandue à différentes altitudes.

Les scolytes sont des espèces xylophages considérés comme les plus dangereux insectes ravageurs des forêts de pin d'Alèpe (**Jactel, 2007**).

Les adultes colonisent leur arbre hôte par une perforation de l'écorce et le creusement d'un tunnel dans le xylème ou le phloème, où les accouplements peuvent avoir lieu et où les femelles pondent leurs œufs. A l'éclosion, les larves creusent elles-mêmes leur propre galerie dans les vaisseaux du bois, puis les nouveaux adultes perforent l'écorce après la nymphose pour s'envoler et coloniser un nouvel arbre (**Martinez-Chevez, 2019**). La richesse spécifique des milieux forestières se diffère d'un étage bioclimatique à un autre. **Faurie et al (2003)** indiquent que le climat exerce une influence déterminante sur la régulation et la dispersion des êtres vivants, ainsi que sur la dynamique des écosystèmes.

Conclusion

L'étude des principaux facteurs contribuant au dépérissement du pin d'Alèp dans la région des Aurès (cas des pinèdes de Khenchela : Ouled Yagoub, Beni Oudjana et Beni Imlloul), a abordé trois aspects principaux : les facteurs anthropiques, les facteurs abiotiques et les facteurs biotiques.

Tout d'abord, notre choix de la méthodologie de travail s'est basé sur l'aspect à étudier.

Pour le premier facteur, nous avons étudié et analysé les données que nous avons obtenues de divers organismes de la wilaya de Khenchela (direction des services agricoles, conservation des forêts de la wilaya de Khenchela et la direction des ressources en eau). Nous avons également mené des enquêtes avec des agriculteurs et des éleveurs de la région, ainsi qu'avec des vendeurs de pesticides et d'engrais.

Le traitement des données révèle que le facteur anthropique englobe cinq aspects à savoir le surpâturage, défrichement, les incendies, la surexploitation des eaux souterrain et la pollution des eaux souterrain

Les parcours de la région de Khenchela se caractérisent par les valeurs pastorales les plus élevées sur les formations de pins d'Alep, de chênes verts, d'asphodèles et de genévriers.

Comme le rapportent les éleveurs de la région, les troupeaux commencent à se déplacer vers les forêts à partir de fin juillet. En revanche, le surpâturage a un effet délétère sur la forêt à travers le pâturage excessif de la végétation et la repousse des jeunes forêts. Elle provoque un compactage du sol, empêchant la régénération des peuplements, réduisant la capacité de rétention d'eau du sol et épuisant les ressources disponibles. Elle contribue à la dégradation des parcours, exposant les sols à l'érosion.

Parmi les facteurs les plus importants qui conduisent au dépérissement de la pinède dans la région de Khenchela c'est le défrichement de la forêt afin d'étendre les superficies de céréales et de vergers d'arbres fruitiers, notamment de pommiers, ainsi que pour la consommation de bois utilisé pour le chauffage, et la fabrication de charbon de bois.

Les incendies constituent un facteur majeur de destruction du milieu forestier, entre la période allant entre 2012 et 2023, 26 987,73 hectares de forêt ont été brûlés dans la wilaya de Khenchela. Les deux plus grands incendies ont été enregistrés en 2012 et en 2021. Le premier dans la pinède de Beni Imlloul, qui ont entraîné la destruction de 15 719 hectares, soit 22.20% de la superficie totale, ainsi que l'incendie de 2021, qui en a détruit environ de 6 422.548 hectares (23.52%) et 3145,144 hectares (14.51%) dans le massif de Beni Oudjana et de Ouled Yagoub, respectivement.

L'exploitation excessive des eaux souterraines, que ce soit à des fins d'approvisionnement en eau potable ou pour l'irrigation agricole, est également considérée comme un facteur essentiel de détérioration du système forestier, notamment dans les zones semi-arides, comme c'est le cas dans la zone d'étude.

La surexploitation des eaux souterraines joue également un rôle dans la destruction du couvert forestier et provoque son déséquilibre à travers la baisse des niveaux des eaux souterraines, la réduction des drainages des eaux souterraines vers les sources et du débit des écosystèmes aquatiques, la détérioration de la qualité des eaux souterraines (salinisation) et de la dégradation du sol.

Au total, 456 forages répartis entre les communes de la wilaya de Khenchela, surtout au niveau des zones agricoles, pourraient contribuer de manière significative à provoquer ce déséquilibre l'écosystème forestier.

L'utilisation intensive d'intrants chimiques (produits phytosanitaires et engrais) peut entraîner une pollution environnementale importante, que ce soit au niveau des sols, de l'air ou des eaux souterraines. Grâce à notre étude, nous avons constaté que les agriculteurs n'utilisent pas moins de 98 produits phytosanitaires pendant la saison agricole, qui contiennent une gamme des matières actifs. Ces matériaux présentent un risque environnemental majeur, que ce soit directement ou indirectement.

Concernant les facteurs abiotiques, le changement climatique est la principale cause du dépérissement de l'écosystème forestier, en particulier les forêts de pins d'Alep de la région des Aurès, qui ont connu un changement notable au cours de la dernière décennie, en raison d'une augmentation des températures d'environ 1,5 °C. De plus, l'irrégularité des précipitations dans la région d'un mois à un autre et la diminution de leurs taux.

Les facteurs biotiques conduisant à la dégradation des forêts et le dépérissement des pinèdes sont généralement représentés par des attaques de ravageurs, qui deviennent d'autant plus graves que les facteurs anthropiques et abiotiques sont abondants. Car ces derniers offrent des conditions favorables pour la propagation et la pullulation des ravageurs dans les milieux terrestres. Un total de 190 espèces d'insecte a été recensées sur différents étages bioclimatiques en Algérie ; cette biodiversité contribue grandement à modifier l'écosystème forestier car les insectes modifient leur comportement en fonction des conditions climatiques et environnementales ambiantes.

En perspective ; On peut dire que notre étude est une étude préliminaire qui nécessite des études complémentaires, principalement des études de terrain, afin d'enrichir ce sujet et de connaître les facteurs les plus importants qui conduisent au dépérissement des pinèdes dans la

région de Khenchela. Afin de connaître la bonne approche pour éviter cette dégradation continue et lutter contre tous les ravageurs envahissants, ainsi que trouver des solutions sérieuses pour atteindre un équilibre environnemental durable.

Références

- Abdessemed K.** (1981). Le cèdre de l'Atlas dans les massifs de l'Aurès et du Belezma. Etude phytosociologique et les problèmes de la conservation d'aménagement. *Thèse de Doctorat, Université d'Aix en provence Marseille III- France* : 199 p.
- AKMAN, Y.**, 1978 L'interprétation phytosociologique des groupements forestiers dans le Bassin méditerranéen oriental. Documents phytosociologiques, N.S. vol. II, Lille : 329-352.
- Barbero M. & Quézel P.**, 1981. La cartographie de la végétation à petite échelle dans le bassin méditerranéen. Documents de cartographie écologique, 24 : 44-54.
- Barbero M. & Quézel P.**, 1981. Les forêts de Méditerranée orientale dans une perspective d'écologie appliquée à la sylviculture méditerranéenne. *Acta Oecologica / Oecologia Applicata*, 2 : 227-239.
- Barbero M., Quézel P. & Rivas-Martínez S.**, 1981. Contribution à l'étude des groupements forestiers et préforestiers du Maroc. *Phytocoenologia*, 9 : 311-412
- BEDEL J. (1986)** : Aménagement et gestion des peuplements de pin d'Alep dans la zone méditerranéenne française. Options Méditerranéennes. Série Etude CIHEAM 86/1, 127-156
- Beghami Y., Kalla M., Thinon M., Benmessaoud H.** (2012). Spatiotemporal Dynamics of Forest and Mountain Formations in Aurès Area, Algeria. *Journal of Life Sciences*, 6 : 663-669.
- Belghazi M., Ezzahiri F., Romane F.**, (2000). Productivité de peuplements naturels de pin d'Alep (*Pinus halpensis* Miller) dans la forêt de Tamga (haut Atlas, Maroc), *Cahier d'Agriculture*. 9 (1): 39-46.
- Benmessaoud H., Kalla M., Driddi H.** (2009). Évolution de l'occupation des sols et désertification dans le sud des Aurès (Algérie). *M@ppemonde*, 94 (6) : 1-11.
- Blayac J.** (1899). Le pays des Nememchas à l'est des monts Aurès. *Annales de Géographie*. 8 (38) : 141-159.
- Blayac J.** (1899). Le pays des Nememchas à l'est des monts Aurès. *Annales de Géographie*. 8 (38) : 141-159.

- Bouzekri A. et Benmessaoud H.** (2014). *Study and diachronic analysis of changes of ground occupation area of oriental Aures Algeria. Analele Universităţii Din Oradea, Seria Geografie*, 24 (2) : 180-189
- Brochiero F., Chandioux O., Ripert C., Vennetier M.**, (1999). Auto-écologie et croissance du pin d'Alep en Provence calcaire. *Forêt méditerranéenne* 20 (2): 83-94.
- Busson H.** (1900). Les vallées de l'Aurès. *Annales de Géographie*. 9 (43): 43-55.
- CHAKROUN M.L.**, (1986). Le pin d'Alep en Tunisie. *Options Méditerranéennes. Série Étude CIHEAM* 86/1 : 25-27.
- Couherte B. et Duplatb P.**, (1993). Le pin d'Alep. *Rencontres forestiers-chercheurs en forêt méditerranéenne*. Ed. INRA, les colloques Paris, 63 :125-147.
- De lartigue M.** (1904). "*Monographie de l'Aurès*". Imprimerie à vapeur Marle
- Audrino, Constantine : 491 p.
- DUGELAY, A.**, 1956 : Le problème forestier de la région méditerranéenne française. F.A.O./ S.C.M./ 56 - E, p. 226-249.
- FARJON A.K.**, (1996). Biodiversity of Pinus (Pinaceae) in Mexico : Speciation and palaeoendemism. *Bot. J. Linn. Soc, London* .121(4). 365-384.
- GERNANDT D.S., LOPEZ G.G., GARCIA S.O., LISTON A.**, (2005). Phylogeny and classification of Pinus. *Taxon*. 54. 29-42.
- KADIK B. (1987)** : Contribution à l'étude du pin d'Alep (Pinus halepensis Mill) en Algérie : Ecologie, Dendrométrie, Morphologie. Office des publications universitaires(Alger) . 585 p
- KADIK B. (1987)** : Contribution à l'étude du pin d'Alep (Pinus halepensis Mill) en Algérie : Ecologie, Dendrométrie, Morphologie. Office des publications universitaires(Alger) . 585 p
- KADIK B.**, (1987). Contribution à l'étude du pin d'Alep (Pinus halepensis Mill) en Algérie : Ecologie, Dendrométrie, Morphologie. Office des publications universitaires (Alger). 585p.
- KLEPAK (1986)** : Le Pin d'Alep en Dalmatie. *Options Méditerranéennes. Série Etude CIHEAM* 86/1,29-42
- Lazrec, F.**, 2015. Importance de la fonte de semis du pin d'Alep (Pinus halepensis Mill.) dans le Nord-Ouest Algérien: Identification morphologique et moléculaire des espèces du genre Fusarium et Glob Sporangium, pouvoir pathogène et moyens de lutte, Agroforesterie. Université Abou-Bekr Belkaid-Tlemcen, p. 187.

- LOISEL, R., QUEZEL, P.**, 1974 b : Problèmes posés par l'interprétation phytosociologique des *Quercetea ilicis* et des *Quercefeae pubescentes*. La flore du Bassin méditerranéen. Essai de systématique synthétique. C.N.R.S. Montpellier 481-497
- MEZALI M. (2003)** : Rapport sur le secteur forestier en Algérie. 3^{ème} session du forum des Nations Unies sur les forêts.. 9 pages
- Mezerai DJ.**, 2014. Écologie du pin d'Alep (*Pinus halepensis*) dans la région du Tlemcen, mémoire, master en biologie, univ. Tlemcen, 85 p.
- NAHAL I.**, 1986 - Taxonomie et aire de répartition des pins du groupe *halepensis*. Options Méditerranéennes, CIHEAM, 1 : 1-10
- PAVARI, A.**, 1956 : Quelques observations sur le traitement et l'aménagement des forêts méditerranéennes. Document F.A.O. /SCM / 56D :P.223-225
- QUEZEL P et BARBERO M. (1992)** : Le Pin d'Alep et les essences voisines : Répartition et caractères écologiques généraux, sa dynamique récente en France Méditerranéenne. Forêt Méditerranéenne, XIII(3), 158-170
- Quézel P. (ed.)**, 1982. Définition et localisation des écosystèmes méditerranéens terrestres. Colloque de Saint-Maximin (France) du 16-20.11.1981. *Ecologia mediterranea*, 8 (1/2) : 495 p. Quézel P., 1982. Le maquis méditerranéen. *Naturopa* (Conseil de l'Europe), 42 : 15.
- QUEZEL P.(1986)** : Les pins du groupe « *halepensis* » : Ecologie, Végétation, Ecophysiologie. Options Méditerranéennes. Série Etude CIHEAM 86/1, 11-24
- QUEZEL P.(1986)** : Les pins du groupe « *halepensis* » : Ecologie, Végétation, Ecophysiologie. Options Méditerranéennes. Série Etude CIHEAM 86/1, 11-24
- Quézel P.**, 1979. Les écosystèmes forestiers crétois et chypriotes. Essai de comparaison et d'interprétation phyto-écologique. *Revue forestière française*, 31 : 440-450.
- QUEZEL**, 1980 : Biogéographie et écologie des conifères sur le pourtour méditerranéen. *Pesson, Act. Ecol. Forest. Gauthier-Villard, Paris*, p. 201-255
- QUEZEL, P.**, 1976 : Les forêts du pourtour méditerranéen, forêt et maquis méditerranéens : écolog, conservation et aménagement. Note technique de MAB no 2, p. 9-33
- SOULERES, G.**, 1969 : Le Pin d'Alep en Tunisie. *Annales de l'Inst. Nat. de Recherches Forestières de Tunisie*, vol. 2, fasc. 1, 126 p

دراسة العوامل الأساسية في تدهور أشجار الصنوبر الحلبي في منطقة الأوراس (دراسة حالة غابات خنشلة)

تهدف دراستنا الى تسليط الضوء على اهم العوامل المساهمة في تدهور غابات الصنوبر الحلبي في منطقة الأوراس (حالة غابات الصنوبر لولاية خنشلة)، وجدنا ان هذه العوامل تتدرج ضمن ثلاثة جوانب رئيسية هي: العوامل البشرية، والعوامل اللاأحيائية، والعوامل الحيوية. بالنسبة للعوامل البشرية تتمثل اساسا في الرعي الجائر في الغابات الذي يبدأ من شهر جويلية ويستمر الى غاية شهر مارس، كما ان التحطيب و قطع الاشجار الغابية تمثل عاملا مهما في تراجع غابات الصنوبر اضافة الى الحرائق التي تسببت في اتلاف حوالي 26.987.73 هكتار من الغابات بولاية خنشلة خلال الفترة الممتدة بين 2012 و2023. كما يعتبر الاستغلال المفرط للمياه الجوفية عاملا رئيسيا في تدهور نظام الغابات، كما يجدر بالذكر ان الاستعمال المفرط للمبيدات الحشرية يؤدي حتما الى تلوث المياه الجوفية والتي تعتبر اهم عوامل الحفاظ على الثروة الغابية. أما فيما يتعلق بالعوامل اللاأحيائية، فإن التغير المناخي هو السبب الرئيسي لتدهور النظام البيئي الغابي، ولا سيما غابات الصنوبر الحلبي في منطقة الأوراس، التي شهدت تغيراً ملحوظاً خلال العقد الماضي، بسبب ارتفاع درجات الحرارة بنحو 1.5 درجة مئوية. إضافة إلى عدم انتظام هطول الأمطار على المنطقة من شهر إلى آخر وانخفاض معدلاتها. كما تتمثل العوامل الحيوية التي تؤدي إلى تدهور الغابات وموت غابات الصنوبر بشكل عام في هجمات الآفات الحشرية والتي تصبح أكثر خطورة مع وفرة العوامل البشرية وغير الحيوية، حيث تم جرد 190 نوعا حشرياً في غابات الصنوبر في الجزائر واحتلت أكلات الاعشاب المركز الاول بـ 72 نوعا تلتها الحشرات المفترسة (الاعداء الطبيعية للآفات) بـ 61 نوعا واخيرا أكلات الخشب بـ 54 نوعا.

الكلمات الدالة: الصنوبر الحلبي، تدهور الغابات، عوامل بشرية، عوامل حيوية، عوامل لا أحيائية، منطقة خنشلة.

Résumé

Étude des principaux facteurs du dépérissement du pin d'Alep dans les Aurès (Cas des forêts de Khenchela)

Notre étude vise à mettre en lumière les facteurs les plus importants contribuant à la dégradation des pinèdes dans la région des Aurès (Cas de la pinède de la wilaya de Khenchela) Nous avons constaté que ces facteurs se répartissent en trois aspects principaux : les facteurs anthropiques, facteurs abiotiques et facteurs biotiques. Les facteurs anthropiques sont principalement représentés par le surpâturage dans les forêts, qui commence en juillet et se poursuit jusqu'en mars. Le défrichage, les incendies qui ont détruit environ 26 987,73 hectares de forêts dans la wilaya de Khenchela entre 2012 et 2023. La surexploitation des eaux souterraines. Il convient également de noter que l'utilisation excessive de pesticides par les agriculteurs entraîne inévitablement une pollution des eaux souterraines, ce qui est considéré comme un facteur majeur de dégradation du système forestier.

Pour les facteurs abiotiques, le changement climatique est la principale cause du dépérissement des pinèdes dans la région de l'Aurès, qui ont connu un changement notable au cours de la dernière décennie, Les facteurs biotiques qui conduisent à la dégradation des forêts et au dépérissement des pinèdes en général sont les attaques des ravageurs. Un total de 190 espèces d'insectes a été recensées dans les pinèdes d'Algérie, les phytophages occupent la première place avec 72 espèces, suivis par les prédateurs avec 61 espèces, viennent en troisième position les xylophages avec 54 espèces.

Mots clés : Pin d'Alep, dépérissement, anthropique, biotique, abiotique, Khenchela.

Abstract

Study of the main factors in the dieback of Aleppo pine in the Aurès (Case of the Khenchela forests)

Our study aims to highlight the most important factors contributing to the degradation of pine forests in the Aurès region (Case of the pine forest in the wilaya of Khenchela) We found that these factors are divided into three main aspects: anthropogenic factors, abiotic factors and biotic factors. Anthropogenic factors are mainly represented by overgrazing in forests, which begins in July and continues until March. Clearing, fires which destroyed approximately 26,987.73 hectares of forests in the wilaya of Khenchela between 2012 and 2023. Overexploitation of groundwater. It is also worth noting that excessive use of pesticides by farmers inevitably leads to groundwater pollution, which is considered a major factor in the degradation of the forest system.

For abiotic factors, climate change is the main cause of the decline of pine forests in the Aurès region, which have experienced a notable change over the last decade, Biotic factors that lead to forest degradation and dieback Pine forests in general are attacked by pests. A total of 190 species of insects have been recorded in the pine forests of Algeria, phytophagous species occupy the first place with 72 species, followed by predators with 61 species, xylophagous come in third position with 54 species.

Key words: Aleppo pine, dieback, anthropic, biotic, abiotic, Khenchela.

Annexe 1

Tableau 1. Les températures moyenne mensuelles de la pinède de Beni Oudjana durant la période allant de 1981 à 2022.

Année	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUN	JUI	AUT	SEP	OCT	NOV	DEC	ANN
1981	19.23	23.97	25.66	27.21	28.18	24.94	27.32	26.47	25.73	28.38	21.96	21.98	42.11
1982	22.16	17.18	27.39	24.04	26.01	24.7	21.74	22.11	21.66	24.37	19.86	17.22	40.14
1983	22.49	21.98	23.73	29.19	24.83	25.04	24.08	24.41	26.03	21.0	17.41	22.72	43.29
1984	18.5	23.23	25.72	25.77	27.06	30.33	23.97	23.73	26.08	22.46	21.62	16.73	42.97
1985	23.8	23.98	22.34	25.35	29.12	23.85	22.45	26.37	24.88	20.45	26.49	17.94	44.57
1986	20.59	27.15	21.94	24.92	29.38	28.72	28.52	22.63	23.02	23.8	16.55	19.5	43.87
1987	23.02	21.59	23.84	33.12	28.2	25.84	23.24	25.36	22.45	23.7	27.03	22.09	44.59
1988	20.46	23.22	27.07	25.48	25.75	24.75	25.19	26.3	29.43	21.88	25.15	17.83	42.3
1989	17.03	22.35	22.64	23.98	31.54	27.95	23.07	22.6	23.09	18.98	19.7	22.09	39.73
1990	17.77	24.77	23.71	23.52	29.26	27.2	23.75	19.62	22.66	23.12	26.33	20.56	39.24
1991	20.89	23.32	21.24	23.8	24.84	25.18	26.3	23.38	21.02	24.02	22.67	17.46	43.53
1992	17.88	20.28	22.78	25.66	28.43	25.3	22.2	21.26	19.61	23.32	18.8	19.68	39.02
1993	19.46	18.36	27.53	25.58	28.34	25.38	25.05	22.99	25.21	23.48	23.75	19.72	43.1
1994	21.05	24.85	23.42	23.79	32.74	29.89	23.73	22.58	26.41	20.39	16.95	18.63	42.88
1995	22.57	24.02	23.41	27.2	26.66	28.34	23.24	27.22	25.02	19.47	23.09	18.58	42.98
1996	20.05	19.05	28.32	22.65	23.06	23.53	26.41	24.23	21.35	20.45	20.71	22.62	42.16
1997	17.52	23.83	22.52	26.63	29.21	28.27	26.87	23.65	21.4	23.12	19.48	20.4	42.48
1998	20.18	22.22	25.07	25.98	25.44	27.43	26.28	24.26	24.13	22.02	25.04	20.57	41.62
1999	23.49	25.15	23.23	27.36	29.52	25.48	24.83	24.27	21.56	21.08	24.7	19.86	45.34
2000	19.86	21.84	25.32	28.94	23.19	28.3	27.98	24.18	27.2	21.05	23.15	23.53	43.09
2001	21.87	22.01	32.68	27.68	29.8	29.05	27.66	23.98	21.0	24.46	20.24	24.62	44.3
2002	24.99	24.01	25.06	27.6	29.84	30.55	28.73	27.4	24.08	22.72	21.09	19.14	44.25
2003	23.04	19.23	24.05	30.02	22.38	25.63	24.16	24.93	25.59	27.09	20.81	20.92	44.38
2004	21.58	24.29	25.16	24.34	22.7	27.63	25.14	22.59	27.6	23.37	18.71	23.46	43.37
2005	20.46	18.67	27.67	27.8	27.95	27.1	27.29	26.3	23.34	19.28	29.62	18.8	47.66
2006	17.66	19.02	28.09	27.29	26.55	34.41	21.86	24.08	24.24	24.41	21.66	18.72	41.48
2007	22.3	23.05	27.19	25.74	27.68	30.58	26.57	23.57	23.05	27.81	24.5	22.16	42.47
2008	20.47	21.25	29.01	30.25	27.05	28.19	26.66	26.22	24.08	25.38	19.58	18.41	44.96
2009	17.17	21.64	26.85	22.62	26.18	23.6	25.59	21.44	25.95	24.98	23.59	26.12	44.68
2010	21.84	32.24	28.87	22.33	25.95	26.62	26.23	24.34	23.2	29.43	21.96	28.62	44.88
2011	22.92	19.8	22.55	24.94	24.5	27.83	25.22	26.12	24.87	19.34	16.59	20.89	42.62
2012	18.18	21.73	21.86	27.68	25.84	25.38	28.64	24.8	23.62	28.72	28.0	23.49	46.82
2013	21.2	24.49	26.3	29.33	25.39	28.6	26.97	24.54	24.31	25.07	24.7	15.84	44.01
2014	20.45	24.05	20.84	24.74	30.51	26.99	24.85	24.09	21.43	25.41	20.73	20.24	44.37
2015	24.05	20.54	25.46	31.94	31.52	23.59	23.73	24.7	23.87	22.42	20.95	20.59	43.7
2016	22.45	25.78	25.81	28.77	34.16	26.63	28.46	24.55	23.53	23.74	20.75	16.09	41.47
2017	18.83	21.7	22.19	27.72	24.65	27.02	28.36	23.57	25.36	18.63	26.05	23.41	44.84
2018	18.94	21.36	23.88	27.94	28.8	27.37	23.49	21.59	26.9	26.7	18.6	20.03	43.95
2019	17.28	19.66	23.01	26.81	25.55	29.7	27.13	23.34	19.49	20.72	23.31	20.73	43.58
2020	19.46	22.83	25.7	22.21	26.54	26.87	26.45	26.39	24.7	26.15	18.88	21.02	44.03

Année	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUN	JUI	AUT	SEP	OCT	NOV	DEC	ANN
2021	26.03	23.43	23.02	30.25	27.41	26.2	27.15	23.22	24.62	24.27	26.14	20.61	46.2
2022	23.8	24.38	23.44	27.88	30.09	29.64	25.81	22.96	28.69	20.73	25.17	21.44	43.88

Tableau 2. Les précipitations mensuelles de la pinède de Beni Oudjana durant la période allant de 1981 à 2022.

Année	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUN	JUI	AUT	SEP	OCT	NOV	DEC	ANN
1981	21.09	31.64	36.91	21.09	5.27	42.19	0.0	21.09	52.73	52.73	10.55	42.19	337.5
1982	73.83	36.91	42.19	105.47	73.83	26.37	0.0	21.09	10.55	52.73	63.28	36.91	543.16
1983	5.27	10.55	26.37	0.0	21.09	21.09	0.0	10.55	21.09	10.55	15.82	15.82	158.2
1984	68.55	105.47	15.82	21.09	10.55	5.27	0.0	5.27	10.55	68.55	5.27	73.83	390.23
1985	31.64	5.27	79.1	26.37	68.55	0.0	10.55	0.0	68.55	31.64	15.82	10.55	348.05
1986	58.01	10.55	94.92	10.55	26.37	31.64	10.55	0.0	26.37	52.73	31.64	31.64	384.96
1987	26.37	42.19	15.82	31.64	47.46	5.27	63.28	0.0	10.55	31.64	21.09	31.64	326.95
1988	15.82	21.09	42.19	36.91	52.73	73.83	10.55	0.0	36.91	5.27	47.46	68.55	411.33
1989	10.55	15.82	15.82	31.64	15.82	36.91	15.82	15.82	42.19	31.64	10.55	5.27	247.85
1990	84.38	0.0	26.37	52.73	105.47	10.55	10.55	68.55	15.82	5.27	68.55	52.73	500.98
1991	10.55	31.64	73.83	47.46	68.55	31.64	0.0	15.82	21.09	84.38	26.37	21.09	432.42
1992	52.73	26.37	42.19	63.28	100.2	10.55	15.82	5.27	31.64	15.82	89.65	73.83	527.34
1993	31.64	47.46	36.91	5.27	26.37	5.27	5.27	15.82	15.82	0.0	10.55	52.73	253.12
1994	36.91	15.82	58.01	26.37	15.82	0.0	0.0	0.0	31.64	73.83	5.27	15.82	279.49
1995	105.47	15.82	63.28	36.91	0.0	42.19	0.0	0.0	79.1	5.27	5.27	36.91	390.23
1996	79.1	94.92	68.55	58.01	52.73	42.19	31.64	0.0	15.82	5.27	21.09	26.37	495.7
1997	10.55	10.55	15.82	79.1	10.55	21.09	10.55	10.55	79.1	31.64	63.28	36.91	379.69
1998	15.82	15.82	21.09	68.55	52.73	26.37	0.0	5.27	79.1	21.09	58.01	31.64	395.51
1999	68.55	36.91	15.82	21.09	10.55	21.09	5.27	5.27	15.82	36.91	63.28	84.38	384.96
2000	10.55	5.27	21.09	5.27	100.2	31.64	5.27	31.64	52.73	10.55	5.27	15.82	295.31
2001	47.46	21.09	5.27	21.09	58.01	0.0	0.0	15.82	63.28	21.09	15.82	15.82	284.77
2002	15.82	21.09	0.0	10.55	21.09	0.0	21.09	63.28	5.27	31.64	84.38	42.19	316.41
2003	158.2	31.64	36.91	89.65	31.64	15.82	10.55	21.09	52.73	58.01	15.82	73.83	595.9
2004	31.64	5.27	84.38	42.19	79.1	73.83	10.55	21.09	42.19	15.82	131.84	68.55	606.45
2005	31.64	52.73	21.09	36.91	10.55	26.37	5.27	15.82	26.37	10.55	21.09	58.01	316.41
2006	89.65	31.64	5.27	36.91	94.92	10.55	0.0	21.09	26.37	5.27	21.09	36.91	379.69
2007	5.27	15.82	63.28	52.73	31.64	10.55	5.27	5.27	52.73	26.37	5.27	26.37	300.59
2008	0.0	5.27	21.09	5.27	63.28	21.09	15.82	21.09	58.01	42.19	15.82	26.37	295.31
2009	84.38	10.55	68.55	94.92	42.19	0.0	5.27	26.37	79.1	15.82	0.0	0.0	427.15
2010	36.91	10.55	42.19	52.73	42.19	36.91	5.27	0.0	21.09	26.37	31.64	15.82	321.68
2011	10.55	63.28	42.19	79.1	58.01	47.46	10.55	26.37	26.37	63.28	10.55	21.09	458.79
2012	21.09	47.46	52.73	58.01	10.55	0.0	0.0	26.37	31.64	36.91	26.37	5.27	316.41
2013	36.91	42.19	26.37	42.19	10.55	5.27	5.27	42.19	47.46	36.91	36.91	21.09	353.32
2014	36.91	15.82	84.38	0.0	63.28	47.46	0.0	0.0	21.09	10.55	21.09	58.01	358.59
2015	47.46	73.83	58.01	0.0	31.64	21.09	21.09	89.65	52.73	26.37	47.46	0.0	469.34
2016	31.64	15.82	42.19	42.19	52.73	5.27	0.0	0.0	47.46	15.82	26.37	26.37	305.86

Année	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUN	JUI	AUT	SEP	OCT	NOV	DEC	ANN
2017	58.01	10.55	5.27	31.64	10.55	31.64	0.0	5.27	10.55	58.01	63.28	36.91	321.68
2018	5.27	36.91	52.73	21.09	84.38	5.27	0.0	26.37	15.82	147.66	5.27	5.27	406.05
2019	63.28	31.64	110.74	63.28	63.28	0.0	0.0	58.01	42.19	42.19	63.28	26.37	564.26
2020	26.37	0.0	94.92	52.73	31.64	5.27	10.55	5.27	47.46	15.82	52.73	79.1	421.88
2021	15.82	0.0	31.64	49.87	38.83	8.51	0.07	9.11	17.57	20.4	31.38	23.91	247.1
2022	35.97	42.3	62.54	31.65	27.1	2.32	23.97	17.02	36.26	19.15	26.39	13.34	338.01

Tableau 3. Les températures moyenne mensuelles de la pinède de Ouled Yagoub durant la période allant de 1981 à 2022.

Année	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUN	JUI	AUT	SEP	OCT	NOV	DEC	ANN
1981	19.23	23.97	25.66	27.21	28.18	24.94	27.32	26.47	25.73	28.38	21.96	21.98	42.11
1982	22.16	17.18	27.39	24.04	26.01	24.7	21.74	22.11	21.66	24.37	19.86	17.22	40.14
1983	22.49	21.98	23.73	29.19	24.83	25.04	24.08	24.41	26.03	21.0	17.41	22.72	43.29
1984	18.5	23.23	25.72	25.77	27.06	30.33	23.97	23.73	26.08	22.46	21.62	16.73	42.97
1985	23.8	23.98	22.34	25.35	29.12	23.85	22.45	26.37	24.88	20.45	26.49	17.94	44.57
1986	20.59	27.15	21.94	24.92	29.38	28.72	28.52	22.63	23.02	23.8	16.55	19.5	43.87
1987	23.02	21.59	23.84	33.12	28.2	25.84	23.24	25.36	22.45	23.7	27.03	22.09	44.59
1988	20.46	23.22	27.07	25.48	25.75	24.75	25.19	26.3	29.43	21.88	25.15	17.83	42.3
1989	17.03	22.35	22.64	23.98	31.54	27.95	23.07	22.6	23.09	18.98	19.7	22.09	39.73
1990	17.77	24.77	23.71	23.52	29.26	27.2	23.75	19.62	22.66	23.12	26.33	20.56	39.24
1991	20.89	23.32	21.24	23.8	24.84	25.18	26.3	23.38	21.02	24.02	22.67	17.46	43.53
1992	17.88	20.28	22.78	25.66	28.43	25.3	22.2	21.26	19.61	23.32	18.8	19.68	39.02
1993	19.46	18.36	27.53	25.58	28.34	25.38	25.05	22.99	25.21	23.48	23.75	19.72	43.1
1994	21.05	24.85	23.42	23.79	32.74	29.89	23.73	22.58	26.41	20.39	16.95	18.63	42.88
1995	22.57	24.02	23.41	27.2	26.66	28.34	23.24	27.22	25.02	19.47	23.09	18.58	42.98
1996	20.05	19.05	28.32	22.65	23.06	23.53	26.41	24.23	21.35	20.45	20.71	22.62	42.16
1997	17.52	23.83	22.52	26.63	29.21	28.27	26.87	23.65	21.4	23.12	19.48	20.4	42.48
1998	20.18	22.22	25.07	25.98	25.44	27.43	26.28	24.26	24.13	22.02	25.04	20.57	41.62
1999	23.49	25.15	23.23	27.36	29.52	25.48	24.83	24.27	21.56	21.08	24.7	19.86	45.34
2000	19.86	21.84	25.32	28.94	23.19	28.3	27.98	24.18	27.2	21.05	23.15	23.53	43.09
2001	21.87	22.01	32.68	27.68	29.8	29.05	27.66	23.98	21.0	24.46	20.24	24.62	44.3
2002	24.99	24.01	25.06	27.6	29.84	30.55	28.73	27.4	24.08	22.72	21.09	19.14	44.25
2003	23.04	19.23	24.05	30.02	22.38	25.63	24.16	24.93	25.59	27.09	20.81	20.92	44.38
2004	21.58	24.29	25.16	24.34	22.7	27.63	25.14	22.59	27.6	23.37	18.71	23.46	43.37
2005	20.46	18.67	27.67	27.8	27.95	27.1	27.29	26.3	23.34	19.28	29.62	18.8	47.66
2006	17.66	19.02	28.09	27.29	26.55	34.41	21.86	24.08	24.24	24.41	21.66	18.72	41.48
2007	22.3	23.05	27.19	25.74	27.68	30.58	26.57	23.57	23.05	27.81	24.5	22.16	42.47
2008	20.47	21.25	29.01	30.25	27.05	28.19	26.66	26.22	24.08	25.38	19.58	18.41	44.96
2009	17.17	21.64	26.85	22.62	26.18	23.6	25.59	21.44	25.95	24.98	23.59	26.12	44.68
2010	21.84	32.24	28.87	22.33	25.95	26.62	26.23	24.34	23.2	29.43	21.96	28.62	44.88
2011	22.92	19.8	22.55	24.94	24.5	27.83	25.22	26.12	24.87	19.34	16.59	20.89	42.62
2012	18.18	21.73	21.86	27.68	25.84	25.38	28.64	24.8	23.62	28.72	28.0	23.49	46.82

Année	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUN	JUI	AUT	SEP	OCT	NOV	DEC	ANN
2013	21.2	24.49	26.3	29.33	25.39	28.6	26.97	24.54	24.31	25.07	24.7	15.84	44.01
2014	20.45	24.05	20.84	24.74	30.51	26.99	24.85	24.09	21.43	25.41	20.73	20.24	44.37
2015	24.05	20.54	25.46	31.94	31.52	23.59	23.73	24.7	23.87	22.42	20.95	20.59	43.7
2016	22.45	25.78	25.81	28.77	34.16	26.63	28.46	24.55	23.53	23.74	20.75	16.09	41.47
2017	18.83	21.7	22.19	27.72	24.65	27.02	28.36	23.57	25.36	18.63	26.05	23.41	44.84
2018	18.94	21.36	23.88	27.94	28.8	27.37	23.49	21.59	26.9	26.7	18.6	20.03	43.95
2019	17.28	19.66	23.01	26.81	25.55	29.7	27.13	23.34	19.49	20.72	23.31	20.73	43.58
2020	19.46	22.83	25.7	22.21	26.54	26.87	26.45	26.39	24.7	26.15	18.88	21.02	44.03
2021	26.03	23.43	23.02	30.25	27.41	26.2	27.15	23.22	24.62	24.27	26.14	20.61	46.2
2022	23.8	24.38	23.44	27.88	30.09	29.64	25.81	22.96	28.69	20.73	25.17	21.44	43.88

Tableau 4. Les précipitations mensuelles de la pinède de Ouled Yagoub durant la période allant de 1981 à 2022.

Année	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUN	JUI	AUT	SEP	OCT	NOV	DEC	ANN
1981	21.09	31.64	36.91	21.09	5.27	42.19	0.0	21.09	52.73	52.73	10.55	42.19	337.5
1982	73.83	36.91	42.19	105.47	73.83	26.37	0.0	21.09	10.55	52.73	63.28	36.91	543.16
1983	5.27	10.55	26.37	0.0	21.09	21.09	0.0	10.55	21.09	10.55	15.82	15.82	158.2
1984	68.55	105.47	15.82	21.09	10.55	5.27	0.0	5.27	10.55	68.55	5.27	73.83	390.23
1985	31.64	5.27	79.1	26.37	68.55	0.0	10.55	0.0	68.55	31.64	15.82	10.55	348.05
1986	58.01	10.55	94.92	10.55	26.37	31.64	10.55	0.0	26.37	52.73	31.64	31.64	384.96
1987	26.37	42.19	15.82	31.64	47.46	5.27	63.28	0.0	10.55	31.64	21.09	31.64	326.95
1988	15.82	21.09	42.19	36.91	52.73	73.83	10.55	0.0	36.91	5.27	47.46	68.55	411.33
1989	10.55	15.82	15.82	31.64	15.82	36.91	15.82	15.82	42.19	31.64	10.55	5.27	247.85
1990	84.38	0.0	26.37	52.73	105.47	10.55	10.55	68.55	15.82	5.27	68.55	52.73	500.98
1991	10.55	31.64	73.83	47.46	68.55	31.64	0.0	15.82	21.09	84.38	26.37	21.09	432.42
1992	52.73	26.37	42.19	63.28	100.2	10.55	15.82	5.27	31.64	15.82	89.65	73.83	527.34
1993	31.64	47.46	36.91	5.27	26.37	5.27	5.27	15.82	15.82	0.0	10.55	52.73	253.12
1994	36.91	15.82	58.01	26.37	15.82	0.0	0.0	0.0	31.64	73.83	5.27	15.82	279.49
1995	105.47	15.82	63.28	36.91	0.0	42.19	0.0	0.0	79.1	5.27	5.27	36.91	390.23
1996	79.1	94.92	68.55	58.01	52.73	42.19	31.64	0.0	15.82	5.27	21.09	26.37	495.7
1997	10.55	10.55	15.82	79.1	10.55	21.09	10.55	10.55	79.1	31.64	63.28	36.91	379.69
1998	15.82	15.82	21.09	68.55	52.73	26.37	0.0	5.27	79.1	21.09	58.01	31.64	395.51
1999	68.55	36.91	15.82	21.09	10.55	21.09	5.27	5.27	15.82	36.91	63.28	84.38	384.96
2000	10.55	5.27	21.09	5.27	100.2	31.64	5.27	31.64	52.73	10.55	5.27	15.82	295.31
2001	47.46	21.09	5.27	21.09	58.01	0.0	0.0	15.82	63.28	21.09	15.82	15.82	284.77
2002	15.82	21.09	0.0	10.55	21.09	0.0	21.09	63.28	5.27	31.64	84.38	42.19	316.41
2003	158.2	31.64	36.91	89.65	31.64	15.82	10.55	21.09	52.73	58.01	15.82	73.83	595.9
2004	31.64	5.27	84.38	42.19	79.1	73.83	10.55	21.09	42.19	15.82	131.84	68.55	606.45
2005	31.64	52.73	21.09	36.91	10.55	26.37	5.27	15.82	26.37	10.55	21.09	58.01	316.41
2006	89.65	31.64	5.27	36.91	94.92	10.55	0.0	21.09	26.37	5.27	21.09	36.91	379.69
2007	5.27	15.82	63.28	52.73	31.64	10.55	5.27	5.27	52.73	26.37	5.27	26.37	300.59
2008	0.0	5.27	21.09	5.27	63.28	21.09	15.82	21.09	58.01	42.19	15.82	26.37	295.31

Année	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUN	JUI	AUT	SEP	OCT	NOV	DEC	ANN
2009	84.38	10.55	68.55	94.92	42.19	0.0	5.27	26.37	79.1	15.82	0.0	0.0	427.15
2010	36.91	10.55	42.19	52.73	42.19	36.91	5.27	0.0	21.09	26.37	31.64	15.82	321.68
2011	10.55	63.28	42.19	79.1	58.01	47.46	10.55	26.37	26.37	63.28	10.55	21.09	458.79
2012	21.09	47.46	52.73	58.01	10.55	0.0	0.0	26.37	31.64	36.91	26.37	5.27	316.41
2013	36.91	42.19	26.37	42.19	10.55	5.27	5.27	42.19	47.46	36.91	36.91	21.09	353.32
2014	36.91	15.82	84.38	0.0	63.28	47.46	0.0	0.0	21.09	10.55	21.09	58.01	358.59
2015	47.46	73.83	58.01	0.0	31.64	21.09	21.09	89.65	52.73	26.37	47.46	0.0	469.34
2016	31.64	15.82	42.19	42.19	52.73	5.27	0.0	0.0	47.46	15.82	26.37	26.37	305.86
2017	58.01	10.55	5.27	31.64	10.55	31.64	0.0	5.27	10.55	58.01	63.28	36.91	321.68
2018	5.27	36.91	52.73	21.09	84.38	5.27	0.0	26.37	15.82	147.66	5.27	5.27	406.05
2019	63.28	31.64	110.74	63.28	63.28	0.0	0.0	58.01	42.19	42.19	63.28	26.37	564.26
2020	26.37	0.0	94.92	52.73	31.64	5.27	10.55	5.27	47.46	15.82	52.73	79.1	421.88
2021	15.82	0.0	31.64	49.87	38.83	8.51	0.07	9.11	17.57	20.4	31.38	23.91	247.1
2022	35.97	42.3	62.54	31.65	27.1	2.32	23.97	17.02	36.26	19.15	26.39	13.34	338.01

Tableau 5. Les températures moyenne mensuelles de la pinède de Beni Imlloul durant la période allant de 1981 à 2022.

Année	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUN	JUI	AUT	SEP	OCT	NOV	DEC	ANN
1981	19.35	21.38	27.21	25.16	28.27	22.62	24.7	24.41	24.41	27.61	20.27	22.63	42.52
1982	21.2	19.66	26.67	23.42	24.63	24.09	20.42	21.09	20.04	22.82	22.93	16.45	41.1
1983	22.48	22.62	23.17	26.47	23.29	24.34	21.24	22.11	22.57	20.59	16.58	20.95	42.69
1984	19.53	22.39	22.75	24.24	24.45	28.98	22.04	20.84	23.43	20.39	18.01	15.12	42.16
1985	21.88	22.9	21.64	24.44	28.08	22.2	20.03	24.56	23.74	20.3	25.89	16.72	44.23
1986	20.98	24.59	21.79	22.1	28.48	26.07	25.03	19.62	21.96	23.27	15.95	18.89	41.23
1987	21.38	23.11	22.59	32.16	27.26	25.48	20.11	24.28	20.59	20.78	25.2	20.23	46.27
1988	18.17	20.48	27.37	23.98	23.97	23.43	22.48	22.94	27.98	20.05	25.5	19.08	41.13
1989	16.59	21.44	20.09	24.3	28.83	26.33	19.22	21.51	20.67	18.26	18.44	18.75	39.95
1990	15.12	24.16	20.85	20.98	28.23	24.88	22.3	17.77	21.47	19.52	25.84	17.52	39.69
1991	19.85	22.8	17.94	24.12	24.96	23.27	24.7	21.72	20.12	23.77	20.08	18.77	43.3
1992	15.19	19.86	21.7	24.61	27.44	24.94	21.98	19.52	19.18	21.6	18.2	19.02	38.77
1993	17.61	18.05	26.26	25.11	27.23	23.95	22.74	21.93	22.95	22.13	20.97	17.61	44.62
1994	19.09	23.2	20.92	23.77	31.26	27.83	22.32	19.62	23.91	19.48	16.83	20.09	42.22
1995	20.55	22.44	23.18	26.77	26.51	26.11	20.51	24.11	24.94	17.66	21.95	17.15	41.48
1996	17.16	18.56	25.93	23.57	23.16	22.77	24.66	20.98	21.66	19.91	20.8	20.38	41.18
1997	16.02	22.16	21.34	24.32	27.67	26.73	24.88	20.98	19.62	22.69	20.21	16.24	41.67
1998	18.0	20.45	25.78	22.99	24.69	25.84	24.0	21.66	22.59	20.4	25.85	22.05	41.23
1999	22.04	24.16	23.73	25.84	27.47	23.98	22.14	22.2	20.17	20.33	24.88	19.27	44.98
2000	20.73	20.48	24.3	27.4	22.43	26.87	24.87	22.15	25.14	19.55	20.08	20.66	42.02
2001	20.16	20.16	29.95	26.66	27.01	26.52	24.98	22.3	21.52	22.15	20.79	21.95	43.27
2002	23.54	22.83	23.59	26.78	25.72	29.04	25.38	25.21	23.55	21.4	18.33	18.72	43.21
2003	24.89	19.36	22.96	28.86	22.44	23.12	21.65	23.05	24.73	25.15	19.34	20.34	44.91
2004	22.52	22.22	22.8	22.17	22.49	25.49	23.46	19.3	27.23	21.44	19.92	22.54	42.63

Année	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUN	JUI	AUT	SEP	OCT	NOV	DEC	ANN
2005	23.49	19.58	27.72	30.12	26.91	25.24	24.02	23.12	20.67	16.9	27.31	18.04	47.54
2006	19.52	18.77	26.92	24.1	25.83	33.63	20.99	22.91	23.25	22.68	21.9	16.8	42.79
2007	21.78	20.68	26.8	24.57	26.21	30.23	21.84	21.66	20.94	26.54	20.98	20.55	41.46
2008	19.81	20.73	29.24	28.67	25.72	26.41	22.85	22.42	22.89	21.75	19.93	18.65	43.23
2009	17.33	20.15	24.12	21.77	26.28	22.07	21.76	21.77	25.29	22.42	20.95	22.7	42.66
2010	21.69	29.16	27.9	20.27	24.88	24.85	24.74	21.61	20.27	27.79	19.54	26.11	45.05
2011	20.67	20.05	21.3	24.3	23.8	25.74	23.2	24.78	23.48	19.77	16.05	19.09	43.66
2012	16.52	22.22	21.81	26.8	23.02	23.79	26.87	22.9	22.28	28.38	28.07	18.76	46.66
2013	25.44	22.64	26.49	29.4	23.98	25.41	23.7	22.52	21.04	22.65	24.75	15.88	43.42
2014	18.55	24.19	21.8	23.69	28.4	25.04	23.76	22.23	22.2	22.62	17.77	20.77	44.7
2015	22.12	19.02	27.22	30.09	29.8	22.84	20.93	22.77	22.87	22.62	20.7	18.66	43.66
2016	22.02	22.02	26.19	26.88	32.53	25.91	26.12	21.45	23.05	23.09	20.66	16.19	42.8
2017	17.69	21.98	23.61	25.55	23.43	25.92	27.45	21.23	25.68	17.82	23.05	20.95	45.23
2018	21.79	20.12	24.56	26.38	29.2	25.7	21.23	19.75	25.95	24.18	17.02	20.54	44.15
2019	18.33	20.44	20.84	26.66	26.24	28.49	25.41	22.48	17.21	20.49	23.25	21.01	43.29
2020	18.77	24.33	24.2	23.1	24.35	23.07	26.3	22.86	21.29	25.79	19.07	19.23	43.43
2021	24.66	21.49	21.51	28.1	25.75	24.86	24.69	22.25	22.23	23.39	28.72	23.08	45.38
2022	21.62	20.8	21.91	27.34	28.87	27.51	23.51	21.16	25.66	18.92	22.32	19.73	43.79

Tableau 6. Les précipitations mensuelles de la pinède de Beni Imlloul durant la période allant de 1981 à 2022.

Année	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUN	JUI	AUT	SEP	OCT	NOV	DEC	ANN
1981	0.0	26.37	21.09	15.82	5.27	36.91	5.27	21.09	42.19	36.91	0.0	36.91	247.85
1982	21.09	42.19	31.64	110.74	36.91	15.82	0.0	10.55	5.27	36.91	52.73	15.82	379.69
1983	0.0	10.55	0.0	0.0	15.82	21.09	0.0	5.27	10.55	5.27	0.0	5.27	73.83
1984	31.64	36.91	15.82	15.82	0.0	5.27	0.0	0.0	15.82	52.73	21.09	5.27	200.39
1985	36.91	5.27	52.73	10.55	42.19	0.0	0.0	0.0	52.73	31.64	26.37	0.0	258.4
1986	21.09	10.55	94.92	5.27	26.37	21.09	10.55	0.0	26.37	36.91	15.82	5.27	274.22
1987	10.55	21.09	0.0	15.82	21.09	0.0	42.19	0.0	5.27	26.37	10.55	31.64	184.57
1988	5.27	0.0	15.82	21.09	31.64	36.91	0.0	0.0	21.09	5.27	52.73	5.27	195.12
1989	0.0	15.82	0.0	15.82	10.55	36.91	10.55	10.55	26.37	21.09	10.55	5.27	163.48
1990	73.83	0.0	5.27	58.01	105.47	0.0	0.0	52.73	21.09	5.27	31.64	47.46	400.78
1991	5.27	26.37	47.46	21.09	31.64	15.82	0.0	15.82	15.82	79.1	21.09	15.82	295.31
1992	26.37	15.82	26.37	15.82	63.28	0.0	21.09	5.27	26.37	5.27	52.73	15.82	274.22
1993	0.0	31.64	15.82	5.27	15.82	21.09	0.0	10.55	0.0	0.0	10.55	21.09	131.84
1994	15.82	5.27	52.73	5.27	5.27	0.0	0.0	5.27	47.46	63.28	5.27	0.0	205.66
1995	26.37	10.55	36.91	15.82	0.0	26.37	0.0	0.0	79.1	5.27	5.27	21.09	226.76
1996	63.28	52.73	68.55	21.09	36.91	26.37	31.64	10.55	10.55	5.27	10.55	5.27	342.77
1997	5.27	5.27	5.27	89.65	0.0	10.55	5.27	5.27	105.47	21.09	84.38	31.64	369.14
1998	10.55	5.27	5.27	42.19	42.19	26.37	0.0	5.27	42.19	15.82	31.64	0.0	226.76
1999	68.55	52.73	10.55	15.82	15.82	5.27	0.0	15.82	15.82	26.37	52.73	42.19	321.68
2000	0.0	0.0	15.82	5.27	84.38	21.09	5.27	10.55	42.19	5.27	0.0	10.55	200.39

Année	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUN	JUI	AUT	SEP	OCT	NOV	DEC	ANN
2001	21.09	5.27	0.0	10.55	21.09	0.0	0.0	5.27	36.91	10.55	10.55	31.64	152.93
2002	0.0	5.27	0.0	10.55	21.09	0.0	10.55	36.91	5.27	26.37	31.64	10.55	158.2
2003	105.47	15.82	15.82	47.46	21.09	5.27	0.0	10.55	21.09	63.28	15.82	42.19	363.87
2004	15.82	5.27	79.1	42.19	73.83	52.73	0.0	21.09	31.64	26.37	121.29	47.46	516.8
2005	5.27	52.73	21.09	10.55	31.64	10.55	0.0	15.82	31.64	10.55	15.82	21.09	226.76
2006	89.65	21.09	0.0	26.37	68.55	10.55	0.0	10.55	36.91	10.55	36.91	21.09	332.23
2007	5.27	10.55	26.37	36.91	15.82	5.27	0.0	5.27	36.91	15.82	0.0	10.55	168.75
2008	0.0	5.27	5.27	0.0	26.37	21.09	5.27	15.82	52.73	63.28	5.27	21.09	221.48
2009	68.55	10.55	84.38	52.73	26.37	0.0	0.0	15.82	52.73	5.27	0.0	15.82	332.23
2010	21.09	21.09	31.64	36.91	21.09	42.19	5.27	0.0	15.82	21.09	15.82	5.27	237.3
2011	10.55	15.82	42.19	58.01	47.46	21.09	0.0	10.55	26.37	63.28	5.27	0.0	300.59
2012	0.0	10.55	10.55	31.64	5.27	0.0	0.0	15.82	21.09	47.46	21.09	5.27	168.75
2013	21.09	0.0	21.09	36.91	5.27	10.55	0.0	21.09	21.09	26.37	10.55	26.37	200.39
2014	21.09	0.0	47.46	0.0	31.64	31.64	0.0	0.0	31.64	5.27	21.09	10.55	200.39
2015	21.09	31.64	31.64	0.0	10.55	15.82	15.82	58.01	42.19	21.09	21.09	0.0	268.95
2016	15.82	5.27	15.82	36.91	42.19	5.27	0.0	0.0	63.28	15.82	15.82	42.19	258.4
2017	21.09	5.27	10.55	26.37	10.55	15.82	0.0	0.0	10.55	47.46	31.64	10.55	189.84
2018	0.0	31.64	31.64	21.09	63.28	5.27	0.0	26.37	21.09	110.74	5.27	5.27	321.68
2019	15.82	15.82	73.83	52.73	36.91	0.0	0.0	31.64	52.73	31.64	42.19	15.82	369.14
2020	10.55	0.0	63.28	47.46	31.64	0.0	5.27	5.27	42.19	0.0	10.55	31.64	247.85
2021	0.0	0.0	31.64	34.46	31.4	5.89	0.03	6.76	16.46	8.57	27.37	10.52	173.1
2022	14.39	29.29	61.33	19.12	17.82	3.82	16.08	14.82	33.95	12.39	11.08	13.67	247.77

Annexe 2

Tableau 1. La liste des produits phytosanitaires utilisée par les agriculteurs de la zone d'étude

Nom du Pesticide
Acarinil
Aceplan 50g
Aminoalgul
Apvearieide
Arcodyle
Aspilan 25 Ml
Bactimac
Belg 202020
Bellis 5leg
Bore-Zn
Boujie Pm
Bozin 1kg
Calmac
Calypso
Calypso 1l
Casap

Nom du Pesticide
Chlorsirin
Clorofit 1l
COLLIS SC
Cominil10(1l)
Commando
Copper Mac
Deès Expert
Deltaben
Emprox
Engeo 1l
Envidor
Excellent
Fastac 2500
Flint
FOLISOL Eau
Fykocide
General1l
Gurimitek
Heliu Cuivre 1l
Hexizox
Humista 5
Irlala 100ml
Kalifer
Kepronstat
Labigol Movical
Lamcitalg
Lazer 1l
Mansk 5kg
Masay
Masti Pro 500g
Moncalbo 5
Movento (1l)
Naturam5(5l)
Nitrate De Calcium
Nitrate De Potassum
Novagite
NPK 13,40,13/20KG
Numafe 5
Oil Foree 20l
Oniser
Oxiser
Payfarol
Phosf Acid 05%
phylgreen

Nom du Pesticide
Pirbian
Pistoletpiyable
Protayos
Pyriban 1l
Pyrical
Qoxvrol
Samwil
Score
Silf Acid/20l
Strobi 200g
Sulf Acide
Sulfergreen
Syllit
Talendo
Tebaconte
Techno Plus
Temrid
Teslo 5l
Tesplan
Thiovitjet
Tmrid
Topez (1l)
Turbo Organique
Turborgunia
Up Holo
Vastec
Vazyl 5l
Verrimee 2500
Virinimik 5 Ml
Voliam Flexy
Voliam Taraou
Volian Flex
Vozyl 5l
While Force
White Vert
Woltarin
Zenc Your