

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
Université A. MIRA – BEJAIA



Faculté de Sciences de La Nature et de La Vie  
Département de Sciences Biologique de l'Environnement  
Filière Écologie et environnement  
Spécialité Écologie

Réf : .....

**Mémoire de Fin de Cycle**  
**En vue de l'obtention du diplôme**  
**MASTER**  
**Thème**

*Cartographie des risques d'incendie au niveau de la  
Forêt domaniale de Taourirt Ighil à Bejaia*

Présenté par :

**MECHIA Smail et KSOURI Hamza**

Soutenu le :10 Septembre 2023

**Devant le jury composé de :**

<b>Mme. RAHMANI Amina</b>	MCB	Univ. De bejaia	Présidente
<b>Mme. KHERFALLAH-AITECHE Tassadit</b>	MAA	Univ. De bejaia	Encadreur
<b>Mme. SMAIL Megdouda</b>	Inspecteur en chef	CF. De bejaia	Co-encadreur
<b>Mme. DJOUAD Salima</b>	MAA	Univ. De bejaia	Examinatrice

***Année universitaire : 2022/2023***

# *Remerciements*

*Tout d'abord Alhamdulillah : nous remercions Dieu le tout puissant de nous avoir guidé tout au long de la vie, nous donné la force et la volonté et qui a été avec nous à tout moment.*

*A tous personnes qui nous a aidé dans la réalisation de ce mémoire :*

*En premier lieu notre chère encadrante Mme. Kherfallah-Aiteche Tassadit. Merci pour votre soutien, votre entière disponibilité et vos conseils.*

*Mme. Smail Megdouda. qui nous a aidé et orienté pendant le stage pratique et durant la réalisation de ce mémoire, merci pour votre soutien, votre encouragement, et votre entière disponibilité.*

*L'honorable jury composé de Mme. DJOUAD Salima. Examinatrice, Mme. RAHMANI Amina. Présidente, d'avoir accepté d'examiner et juger ce travail.*

*Aux personnels de la conservation des forêts de la wilaya de Bejaia.*

*A tous ceux qui nous a aidé de près ou de loin.*

***Smail/Hamza***

## *Dedicaces*

*Je dédie ce modeste travail à :*

*Mes parents qui m'ont tout donné, sans eux je ne serais jamais ici aujourd'hui*

*Mes sœurs et mes frères Mebarek, Belkacem, Karim, qui ont été toujours avec moi  
aux moments difficiles*

*Mes oncles et mes tantes*

*A la mémoire d'un ami et un frère que j'ai perdu MOUNIR AYAD.*

*A mon Binôme Hamza*

*A mes amis : Mouhamed Akli Sider « EL-MOU », Oussama « Laarssa », les  
jumeaux Hacem et Houcine, Riadh Talanzar. Lounes Mzerzer, Lyamine Djeridi,  
Mouhamed Rahli, Said Guerouabi.*

*Les deux amies Hanan et Sakina.*

*A mon pays l'Algérie.*

*A tous les Algériens.*

*Smail*

## *Dédicaces*

*Je dédie mon mémoire de fin d'étude à ma famille : ma mère, mon frère Bousghir, ma sœur Lamia, ainsi que mon père, ma belle-mère et mes deux sœurs Malak et Fatima. Les deux familles où je trouve mon abri.*

*A mon binôme « Shmaykel »*

*A mes amis : Riadh Talanzar, Houcine Hamdi « mass aselway », Bilal loubar.*

*A mes cousins : Dr. Yidir et Dr. Mouhamed*

*Mes oncles en particulier : Lahlou et Farouk ainsi Yemma Feroudja.*

*A la mémoire de mes grands-parents, et tous ceux qui m'ont soutenue*

*L'association APJC : Association pour la Promotion de la Jeunesse et de la Culture.*

*Tanemirt-nwen.*

*— †.ΙΕΞΟ† —*

*Hamza*

# Tables des matières

Liste des tableaux	
Liste des figures	
Liste des abréviations	
Introduction.....	01
Chapitre I : synthèse bibliographique	
I.1. Généralités .....	05
I.1. 1 Définition des feux de forêts .....	05
I.1.2 Causes des incendies .....	05
I.1. 3 Les conséquences des feux de forêts .....	06
I.2. Analyses des feux de forêts dans le bassin méditerranéen .....	06
I.3. Analyses des feux de forêts en Algérie .....	08
I.3.1 période coloniale (1876-1962) .....	09
I.3.1.1 statistiques des surfaces brûlées .....	09
I.3.1.2 La fréquence des feux .....	10
I.3.2 La période de l'Algérie indépendante 1963-2007 .....	10
I.3.1 Les surfaces brûlées .....	10
I.3.2 La fréquence des feux .....	12
I.3.3 La période de l'Algérie indépendante 2008-2019 .....	13
I.4 Analyse des feux de forêts dans la wilaya de Bejaia .....	13
Chapitre II : Présentation de la zone d'étude	
II.1 Présentation de la zone d'étude : Forêt domaniale de Taourirt Ighil.....	18
II.1.1 Situation administrative.....	18
II.1.2 Situation géographique.....	18
II.1.3 Situation régionale par forêt.....	18
II.1.4 Infrastructures de la zone d'étude .....	20
II.1.5 le relief.....	21
II.1.6 Hydrographie.....	23
II.1.7 La végétation .....	24
II.2 Etude climatique.....	24
II.2.1 Précipitation .....	25
II.2.2 Les températures .....	26
II.2.3 Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен .....	27
II.2.4 climagramme d'Emberger.....	29

## Chapitre III : Méthode et Matériel

III.1 Matériels et méthodes .....	33
III.2 Les documents cartographiques utilisés .....	33
III.3 Le logiciel utilisé .....	33
III.4 Approche méthodologique adoptée.....	34
III.4.1 Modélisation de l'indice de risque .....	34
III.4.1.1 L'indice humain .....	36
III.4.1.2 L'indice topomorphologique .....	37
A/ Les pentes .....	37
B/ L'exposition .....	37
III.4.1.3 L'indice de végétation NDVI .....	38

## Chapitre IV : Résultats et discussion

IV. 1 Cartographie du risque et interprétation des résultats .....	41
IV. 1.1 Indice humain (IH) .....	41
A/ Proximité des Habitations .....	41
B/ Proximité des routes .....	42
IV. 1.2 Indice topomorphologique (IM) .....	43
A/ Les pentes .....	43
B/ L'exposition .....	44
IV. 1.3 Indice de végétation (NDVI) .....	45
IV. 1.4 Indice de risque global de déclenchement d'incendie .....	46
IV. 2. Discussion des résultats .....	47
Conclusion générale.....	54

Bibliographie

Résumé

Abstract

الملخص

Annexes

## Liste des tableaux

<b>Tableau I</b> : les données de GWIS de superficie brûlée annuellement et nombre d'incendies en Algérie de 2008-201 .....	13
<b>Tableau II</b> : bilan d'incendie de forêts au niveau de la wilaya de Bejaia et la forêt domaniale de de Taourirt Ighil 2015-2022 .....	15
<b>Tableau III</b> : les données climatiques de la wilaya de Bejaia de 2013-2022.....	16
<b>Tableau IV</b> : Infrastructures de la zone d'étude.....	20
<b>Tableau V</b> : Valeurs des rapports d'ajustement des précipitations des stations d'étude.....	25
<b>Tableau VI</b> : Valeurs du quotient pluviothermique de Stewart pour Bejaia et la zone d'étude .....	29
<b>Tableau VII</b> : Classification des distances ERTEN <i>et al.</i> , (2004) .....	36
<b>Tableau VIII</b> : classifications des pentes et des expositions ERTEN <i>et al.</i> , (2004).....	38
<b>Tableau IX</b> : classification selon la densité de végétation ERTEN <i>et al.</i> , (2004).....	39

## Liste des figures :

<b>Figure 01</b> : les feux de forêts de mois d'août dans la méditerranée.....	08
<b>Figure 02</b> : Evolution annuelle des superficies parcourues par le feu en Algérie (période 1876-1961).....	09
<b>Figure 03</b> : Evolution annuelle des nombres d'incendies en Algérie (période 1876-1915).....	10
<b>Figure 04</b> : Evolution annuelle des superficies parcourues par le feu (période 1963-2007).....	11
<b>Figure 05</b> : Evolution annuelle des nombres d'incendies en Algérie (période 1980-2007).....	12
<b>Figure 06</b> : l'évolution des superficies incendiées durant 1985-2014 dans la wilaya de Bejaia.....	14
<b>Figure 07</b> : les moyennes annuelles des précipitations durant 1985-2014 pour la wilaya de Bejaia.....	14
<b>Figure 08</b> : Carte de situation administrative.....	19
<b>Figure 09</b> : Carte des habitations et réseau routier.....	21
<b>Figure 10</b> : carte des courbes de niveau de la forêt domaniale de Taourirt Ighil.....	22
<b>Figure 11</b> : Carte du réseau hydrographique.....	23

<b>Figure 12</b> : Répartition des précipitations dans la zone d'étude Taourirt-Ighil (1987-2022) .....	26
<b>Figure 13</b> : les moyennes de températures minimales et maximales pour les stations pour la période (1987-2022). .....	27
<b>Figure 14</b> : Diagramme ombrothermique du point haut.....	28
<b>Figure 15</b> : Diagrammes ombrothermiques du point bas.....	28
<b>Figure 16</b> : Situation bioclimatique de la station d'étude sur le climagramme D'Emberger modifié par Stewart (1969). .....	30
<b>Figure 17</b> :la procédure suivie de la cartographie des différents indices des risques. ....	35
<b>Figure 18</b> : conversion des expositions au degré. ....	38
<b>Figure 19</b> : la carte de risque à proximité des habitations .....	42
<b>Figure 20</b> : la carte de risque à proximité des routes. ....	43
<b>Figure 21</b> : carte de risque lié aux pentes.....	44
<b>Figure 22</b> : carte de risque lié à l'exposition.....	45
<b>Figure 23</b> : carte de l'indice de risque lié à la végétation. ....	46
<b>Figure 24</b> : carte de risque globale de la forêt domaniale de Taourirt Ighil. ....	47

## Liste des abréviations

<b>Abréviation</b>	<b>Signification</b>
BENDER	Le Bureau National d'Études pour le Développement Rural
CFB	Conservation des Forêt Bejaia
DGF	Direction Générale des Forêts
E	Exposition
FAO	Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (Food and Agriculture Organization)
FIRMS	Fire Information for Resource Management System
GWIS	Global Wildfire Information System
Ha	Hectare
IH	Indice humain
IM	Indice topomorphologique
IR	Indice de Risque des feux de forêts
NDVI	Indice de végétation par différence normalisée (Normalized Difference Vegetation Index)
P	Pentes
°C	Degrés Celsius

# *Introduction*

### Introduction

L'Algérie possède un riche patrimoine forestier qui s'étend sur 4,1 millions d'hectares, offrant une grande diversité de milieux naturels grâce à sa position géographique et à sa variété topomorphologique. Cependant, les incendies constituent le principal facteur de dévastation des forêts en Algérie, comme dans de nombreux pays méditerranéens. Chaque année, environ 30 000 à 35 000 hectares sont ravagés par les flammes, entraînant des pertes écologiques importantes, telles que la dégradation des massifs forestiers, l'érosion des sols et la désertification, ainsi que des pertes socio-économiques (**Belkaid, 2016**) ; (**DGF, 2013**).

L'Algérie présente un déficit forestier d'environ 3,8 millions d'hectares, ce qui nécessiterait de pratiquement doubler la superficie forestière pour atteindre le niveau d'équilibre biologique recommandé, soit 20 à 25% du territoire (**Arfa, 2019**).

La wilaya de Bejaia abrite un important patrimoine forestier, principalement composé de chênes-lièges. Malheureusement, cette région est confrontée à de graves problèmes d'incendies. Entre 1985 et 2022, plus de 137 817 hectares de forêts ont été détruits par les flammes, avec une moyenne annuelle de 3 626 de hectares. La forêt de Taourirt Ighil, située dans cette région, revêt une importance particulière en raison de sa biodiversité et des services écosystémiques qu'elle offre. Cependant, les incendies récurrents menacent la conservation de cette forêt ainsi que la sécurité des populations locales.

Des mesures de protection et de prévention des incendies sont mises en place par la Direction Générale des Forêts (DGF) en Algérie (DGF, 2013). Le reboisement est devenu une solution cruciale pour freiner la dégradation continue des patrimoines forestiers en Algérie et maintenir les forêts des régions méditerranéennes (**Ben-Said et al., 2022**).

En 2000, la DGF a lancé un programme national de régénération (PNR) visant à réhabiliter les forêts de chênes-lièges et de cèdres de l'Atlas (DGF, 2013). En collaboration avec la DGF, l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) a récemment initié un projet financé par le Fonds pour l'Environnement Mondial (FEM) pour réhabiliter et développer durablement les paysages de production de forêts de chêne-liège en Algérie. Ce projet, d'une durée de cinq ans, se déroule dans plusieurs sites pilotes, dont

Taurirt-Ighil (Béjaïa), Beni Ider (Jijel) et Hafir à Tlemcen, avec une extension prévue dans 22 autres wilayas du pays (DGF, 2021).

Plusieurs études ont été réalisées sur la cartographie des risques d'incendies tel que l'étude de Nassima Hesses en 2005 intitulé « Evaluation cartographique et évolution diachronique par télédétection du risque incendie de forêt. Simulation de la propagation du feu dans le bassin versant du Paillon, Nice, Alpes-Maritimes », l'étude de Abderrahim Maktite et Ali Faleh en 2017 pour l'arrière-pays du Port Tanger Med (Maroc). En Algérie on trouve une variété d'étude comme par exemple celle de Arfa *et al.*, 2019 pour la wilaya de El Tarf « Cartographie du risque feu de forêt dans le Nord-est algérien : cas de la wilaya d'El Tarf », l'étude de Missoumi *et al.*, 2002 intitulés « Apport des Systèmes d'information géographiques dans la prévention et la lutte contre les incendies de forêts. Exemple de la forêt domaniale de Kounteidat, Algérie » ; dans la région de Bejaia Smail Megdouda a réalisé une étude des risques d'incendies pour le Parc National de Gouraya (PNG) en 2012, cependant, pour la forêt domaniale de Taourirt Ighil, le présent travail est la première étude réalisée sur la cartographie des risques des feux de forêts dans cette région.

L'objectif de cette étude est de réaliser une cartographie précise des risques d'incendie dans la forêt de Taourirt Ighil à Béjaïa en utilisant une approche basée sur les systèmes d'information géographique (SIG). Pour atteindre cet objectif, nous avons utilisé le modèle développé par Erten *et al.* (2004) qui permet d'estimer le risque d'incendie en forêt. Trois indices ont été calculés pour évaluer ce risque : l'indice de végétation NDVI, l'indice topomorphologique (IM) et l'indice humain (IH). Afin d'identifier les zones les plus exposées aux incendies. Cette cartographie des risques offre une meilleure compréhension de la répartition spatiale des zones à haut risque, ce qui permet de proposer des mesures de prévention et de gestion adaptées.

Nous avons structuré notre étude en quatre chapitres afin de traiter de manière approfondie notre sujet de recherche. Ces chapitres aborderont les différents aspects de notre étude sur la cartographie des risques d'incendie dans la forêt de Taourirt Ighil à Bejaia.

Le chapitre I sera consacré à l'analyse des incendies, où nous examinerons les tendances passées des incendies dans la région et identifierons les facteurs qui contribuent à leur survenue.

Nous étudierons également les impacts écologiques et socio-économiques de ces incendies. Le chapitre II sera consacré à la présentation détaillée de la zone d'étude, la topographie, la végétation, le climat, qui ont une influence sur le risque d'incendie. Le chapitre III décrira les méthodes utilisées dans notre étude, en expliquant les différentes variables et indicateurs pris en compte. Le chapitre IV sera consacré à la présentation des résultats obtenus à partir de notre étude. Enfin, nous conclurons notre étude en résumant les principaux résultats et en soulignant les perspectives de recherche futures dans le domaine de la cartographie des risques d'incendie en forêt. Nous mettrons en évidence l'importance de notre travail pour la gestion durable des forêts et la protection des écosystèmes forestiers.

*Chapitre 01 : Synthèse  
bibliographique*

### I.1. Généralités

#### I.1.1 Définition des feux de forêts

Les feux de forêts ont pour origine la combustion de la végétation, qui est enclenchée par la présence d'une source de chaleur d'origine naturelle ou humaine, en présence d'un combustible et d'oxygène. Pour qu'un feu se déclare, ces trois éléments sont donc nécessaires.

Lorsqu'un feu se propage sur une surface d'un hectare d'un seul tenant et qu'une partie des étages arbustifs et/ou arborés est endommagée, il est qualifié d'incendie de forêt. Cette définition ne concerne pas uniquement les forêts au sens strict, mais inclut également les formations subforestières telles que les maquis et les garrigues. Généralement, les incendies de forêt surviennent en été, car la combinaison de la sécheresse et de la faible teneur en eau des végétaux crée des conditions propices à leur propagation. Ces incendies peuvent avoir des conséquences néfastes sur l'environnement, la faune, la flore, l'économie locale et la qualité de l'air (MEDD, 2002).

#### I.1.2 Causes des incendies

Il existe une grande variation dans les causes des incendies de forêts, tant au niveau d'un pays à l'autre qu'au sein d'un même pays. Cependant, de manière générale, la plupart des experts attribuent la responsabilité de ces feux à l'homme, que ce soit de façon directe ou indirecte. En effet, au moins 80% des incendies sont provoqués par ce dernier, et dans certaines régions cette proportion atteint 99%. Les besoins agricoles et le défrichement des terres en sont les causes les plus communes, devant les actes criminels (FAO, 2007). 90% des incendies en Asie du Sud, 85% en Amérique du Nord et 59% aux Balkans, sont dus à l'action de l'homme, en Méditerranée, ce taux atteint les 95%, avec ce triste record, cette région détrône toutes les autres parties du monde (FAO, 2006).

Bien que la majorité des incendies de forêts soient causés par l'activité humaine, les causes naturelles telles que la foudre peuvent également être à l'origine de grands feux, en particulier dans les régions forestières boréales où ils représentent jusqu'à 70% des feux. En revanche, dans la région méditerranéenne, le taux de feux de forêt causés par la foudre est assez faible, allant de 1% à 5% (Alexandrian *et al.*, 1998).

Un trait commun à tous les pays du bassin méditerranéen est le taux élevé de feux de causes inconnues. Ces feux représentent la majorité des feux dans la plupart des pays (**Le Houerou, 1987**), atteignant en moyenne 56% dans les cinq pays d'Europe du Sud (Espagne, France, Italie, Grèce, Portugal) et entre 50% et 82% dans la plupart des autres pays (Chypre, Maroc, Tunisie, Turquie et Algérie) (**Alexandrian et al., 1999**).

Dans la région méditerranéenne, les incendies sont en grande partie influencés par les conditions climatiques dominantes. Les étés prolongés avec très peu de précipitations et des températures diurnes supérieures à 30°C ont pour effet de réduire le taux d'humidité de la litière à moins de 5%. Dans ces conditions, même une légère augmentation de la température (étincelles, allumettes, mégots de cigarettes, etc.) peut déclencher un feu violent (**Dimitrakopoulos et Mitsopoulos, 2006**).

La haute inflammabilité de la plupart des essences forestières, est également un facteur naturel important. En effet le bassin méditerranéen regorge d'espèces inflammables qui jouent le rôle de combustible et qui facilitent le déclenchement et la propagation des feux (**Benjamaa et Abdelmoula, 2004**).

### I.1.3 Les conséquences des feux de forêts

Les incendies ont des effets sur les changements climatiques, ce qui perturbe les écosystèmes forestiers. L'augmentation des températures liée aux changements climatiques affecte considérablement la santé des forêts, entraînant parfois des phénomènes de dépérissement massif. De plus, ces températures élevées entraînent une augmentation du taux de parasites forestiers en altérant les mécanismes d'ajustement au climat local des cycles des insectes, ce qui aboutirait à un développement plus rapide et un taux d'infestation plus élevé (**DGF, 2021**).

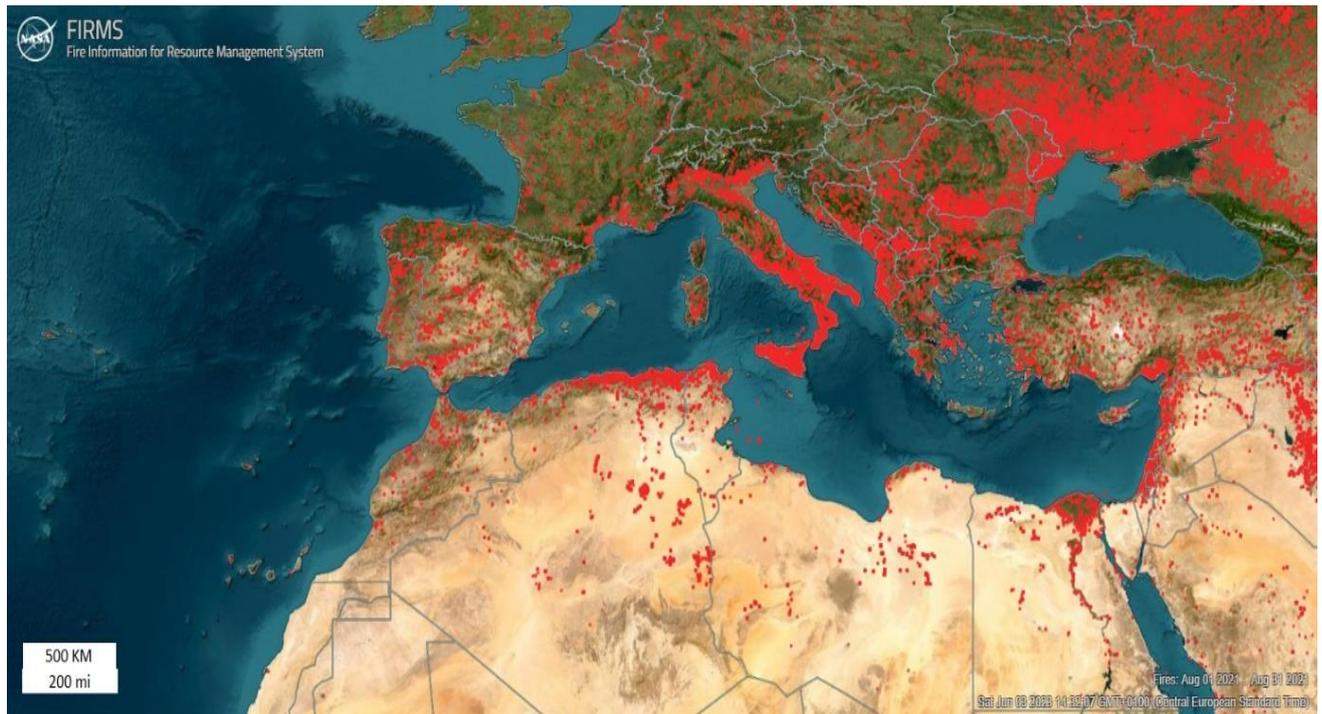
## I.2. Analyses des feux de forêts dans le bassin méditerranéen

La région méditerranéenne est considérée comme l'un des "points chauds" du monde avec sa concentration exceptionnelle de la biodiversité. Cependant, la richesse unique de la région est menacée car la biodiversité continue de décliner très rapidement à cause de la pression humaine entraînant la fragmentation, la dégradation et la perte d'habitats et l'extinction d'espèces (**Vlachogianni et al., 2012**).

Entre 2006 et 2010, il y a eu plus de 269 000 feux de forêts signalées dans la région méditerranéenne, soit une moyenne d'environ 54 000 feux par an. Le Portugal et l'Espagne ont enregistré des records en ce qui concerne le nombre de feux de forêt par rapport aux autres pays, avec respectivement 100 628 feux (soit 39 %) et 65 995 feux (soit 26 %), suivis par l'Italie, qui a signalé 33 065 feux (soit 13 %). Pendant cette période, plus de 2 millions d'hectares de superficie ont été complètement détruits, avec une moyenne annuelle de 400 000 hectares, et les pays les plus touchés en termes de superficie détruite sont la Grèce, le Portugal, l'Italie et l'Espagne. En termes des forêts, la Grèce a été le pays le plus touché avec une superficie de 239 191 hectares (soit 33%), l'Italie et l'Espagne ont enregistré, respectivement, 156 209 hectares et 152 060 (soit 21% par chaque pays) et Portugal la superficie brûlée été 112 636 hectares (soit 16%) **(FAO, 2013)**.

Au cours de la période de 2010 à 2015, environ 1 % de la forêt méditerranéenne brûlait chaque année, soit environ 400 000 hectares, entraînant la perte de vies humaines ainsi que des dommages écologiques et économiques considérables. Les taux de feux de forêt varient considérablement d'un pays à l'autre dans le bassin méditerranéen. La part de la surface moyenne annuelle forestière brûlée est de 0,01 % en Albanie, 0,04 % au Maroc, 0,05 % en Turquie, 0,13 % en France, 0,87 % en Algérie, 0,9 % en Espagne, 1,12 % en Grèce, 1,04 % en Italie et 4,12 % au Portugal **(Zaidane, 2022)**.

La sécheresse, la faible humidité et une chaleur record atteignant 48,8°C de l'été 2021, ont créé des conditions propices aux incendies dans les pays méditerranéens, notamment en Italie, en Grèce, en Algérie et en Turquie. Ces incendies ont causé la mort de plus de 100 personnes et ont brûlé plus de 620 000 hectares de terres, dont plus de 102 000 hectares de zones protégées abritant des espèces végétales et animales menacées **(Eberle et Higuera Roa, 2022)**. La figure 01 illustre les feux de forêts de mois d'août 2021 dans la méditerranée.



**Figure 01** : les incendies de forêts de mois d'août 2021 dans la méditerranée  
(Source: FIRMS <https://firms.modaps.eosdis.nasa.gov/>) (2023).

### I.3. Analyses des feux de forêts en Algérie

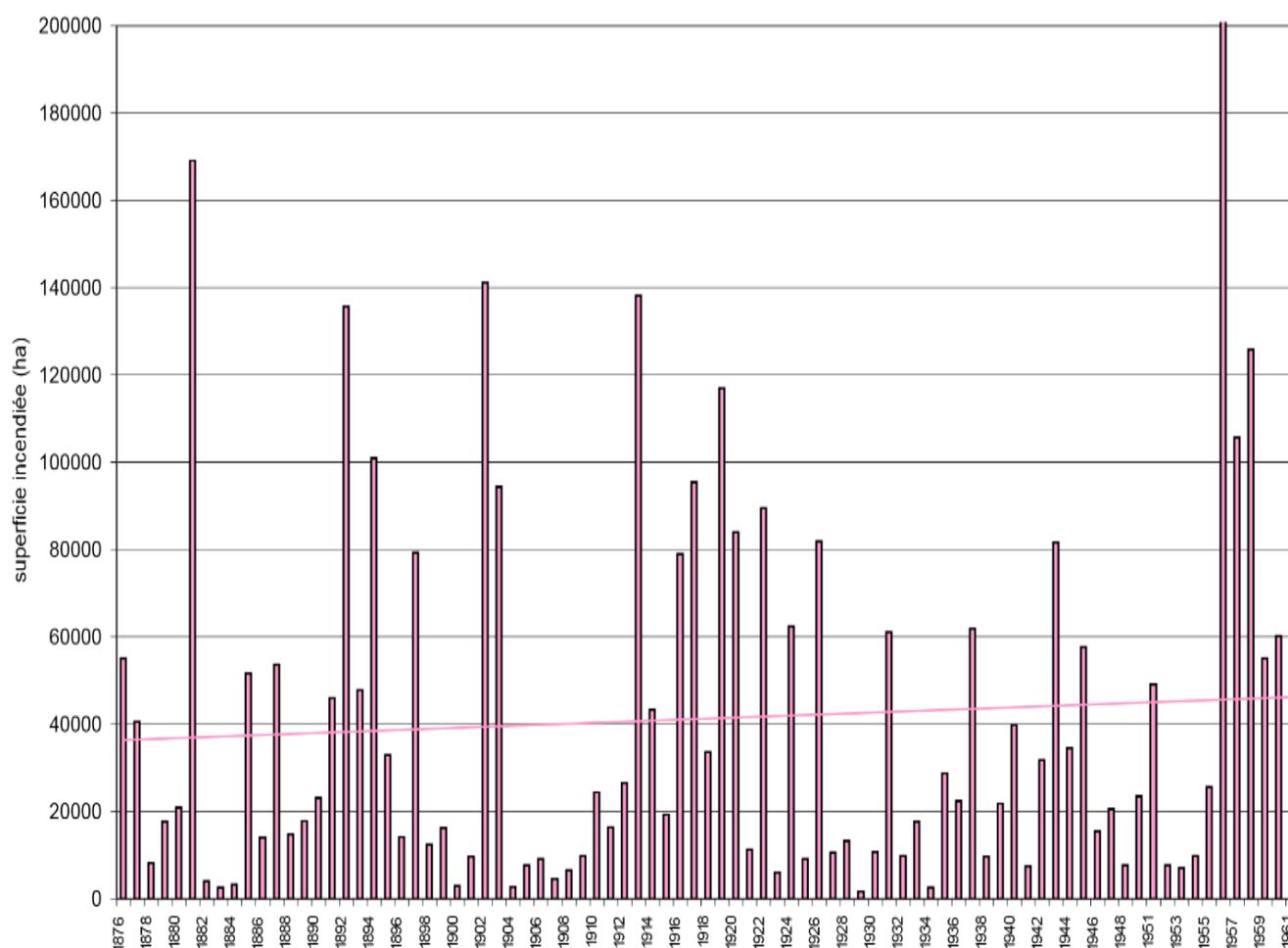
L'Algérie est l'un des pays méditerranéens confrontés à un problème important d'incendies de forêt. Bien que les superficies brûlées soient relativement faibles par rapport à d'autres pays du bassin méditerranéen, la rareté des forêts et la désertification rendent ces incendies particulièrement dévastateurs. L'Algérie ne possède que 4,1 millions d'hectares de forêts, soit un taux de boisement de moins de 02 %, ce qui rend la préservation de ses forêts vitale pour la protection de la biodiversité et la préservation de l'environnement (DGF, 2021).

Effectivement, les incendies de forêt représentent l'élément le plus dévastateur de la dégradation des forêts en Algérie. L'analyse des statistiques des incendies de forêts en Algérie sur une période de 143 ans, allant de 1876 à 2019, ont se basant sur les synthèses de Meddour-Sahar en 2008 et de Aiteche en 2016, ainsi que les données récoltées auprès de la conservation des forêts de Bejaia pour les années 2015-2022, permet de retracer leur histoire et de constater l'ampleur de leur impact sur les forêts algériennes.

### I.3.1 période coloniale (1876-1962)

#### I.3.1.1 statistiques des surfaces brûlées

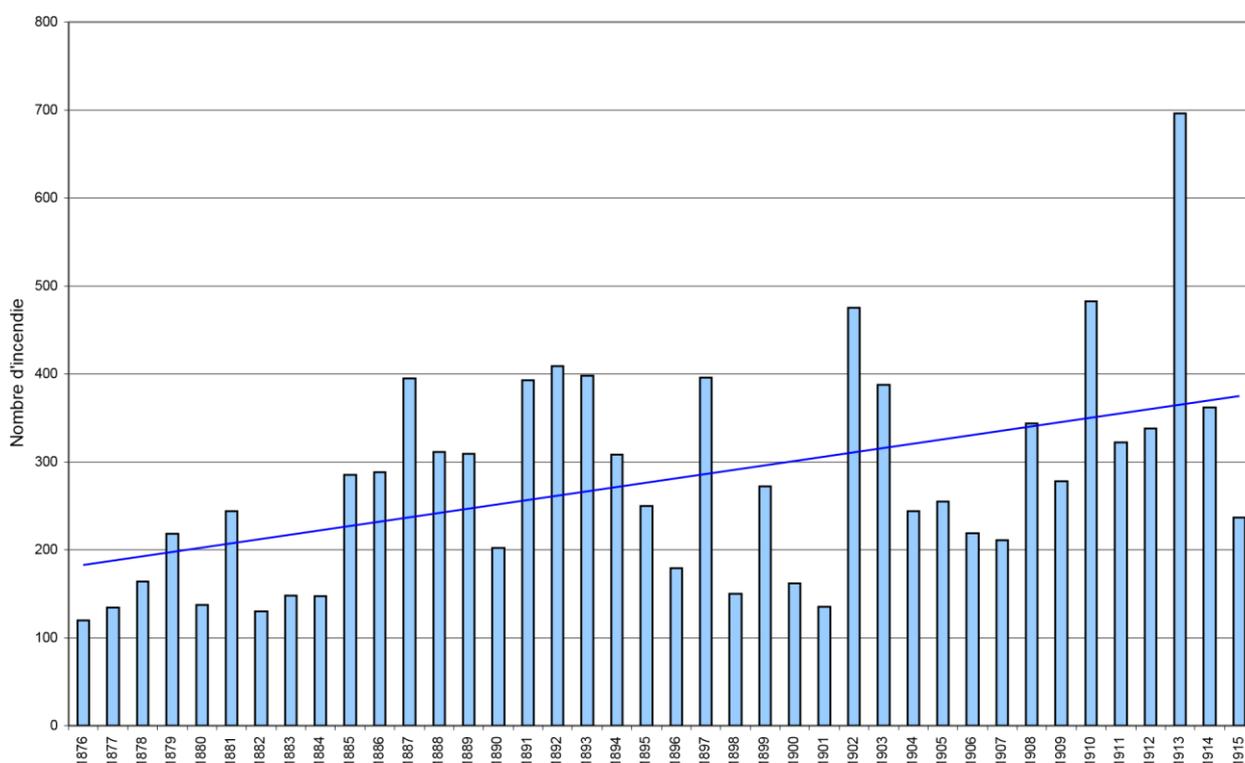
En effet, l'ère coloniale a été une période difficile pour le patrimoine forestier algérien. Pendant 87 ans, un total de 3 506 942 hectares de forêt a été détruit par le feu, avec une moyenne de 41 258 hectares par an. Des incendies catastrophiques de plus de 100 000 hectares par an (et même parfois plus de 150 000 ou 200 000 hectares) ont eu lieu en 1881, 1892, 1894, 1902, 1913, 1919, 1956, 1957 et 1958, faisant de ces années les plus tristement célèbres dans les statistiques algériennes en termes d'incendies. C'est une période sombre de l'histoire de la forêt algérienne. (meddour-Sahar, 2008).



**Figure 02 :** Evolution annuelle des superficies parcourues par le feu en Algérie (période 1876-1961) (meddour-Sahar, 2008).

### I.3.1.2 La fréquence des feux

Durant cette époque, il y a que les données sur le nombre d'incendies pour la période 1876- 1915, c'est à dire pendant 40 ans (figure 03), où un total de 11 135 feux, une moyenne de 378 feux/an ont été recensé. Une dizaine d'années dépasse cette moyenne annuelle, comme par exemple lors des années 1891, 1892 et 1893, mais les fréquences annuelles des feux les plus dominantes se sont présentées en 1902 et 1910 (près de 500 feux pour chaque année) et en 1913(près de 700 feux) (meddour-Sahar, 2008).



**Figure 03 :** Evolution annuelle des nombres d'incendies en Algérie (période 1876-1915) (meddour-Sahar, 2008).

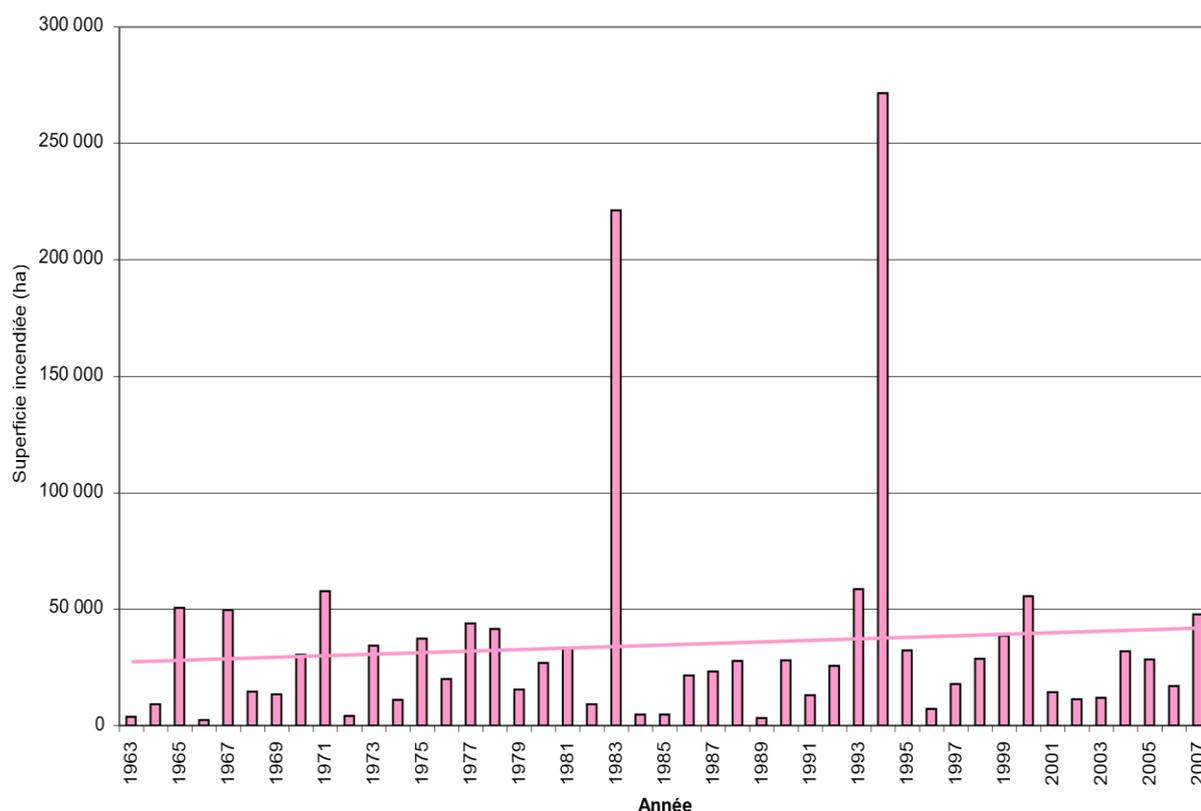
### I.3.2 La période de l'Algérie indépendante 1963-2007

#### I.3.1 Les surfaces brûlées

Effectivement, après l'indépendance, la forêt algérienne a connu une période de relative stabilité en termes d'incendies, car la superficie forestière totale brûlée a diminué par rapport à la période coloniale. Au cours des 45 années suivant l'indépendance, la superficie forestière

totale brûlée a été estimée à 1 556 807 hectares, avec une moyenne annuelle de 34 596 hectares. Cela représente une diminution de 16 % par rapport à la période coloniale, où la superficie annuelle moyenne brûlée était de 41 258 hectares. Cependant, malgré la diminution globale des superficies brûlées après l'indépendance, certaines années ont été particulièrement néfastes pour les forêts algériennes, comme en témoignent les incendies de grande ampleur survenus en 1965, 1967, 1971, 1977, 1978, 1993, 2000 et 2007, dépassant largement la moyenne de la période 1963-2007, qui était de 40 000 à 60 000 hectares. En effet, les années 1983 et 1994 ont été particulièrement catastrophiques pour les forêts algériennes, avec respectivement 221 367 hectares et 271 598 hectares brûlés, dépassant largement le record de 1956 de la période coloniale, qui était de 204 220 hectares. Ces deux années ont à elles seules totalisé 492 965 hectares brûlés, ce qui montre l'ampleur des dégâts causés par ces incendies.

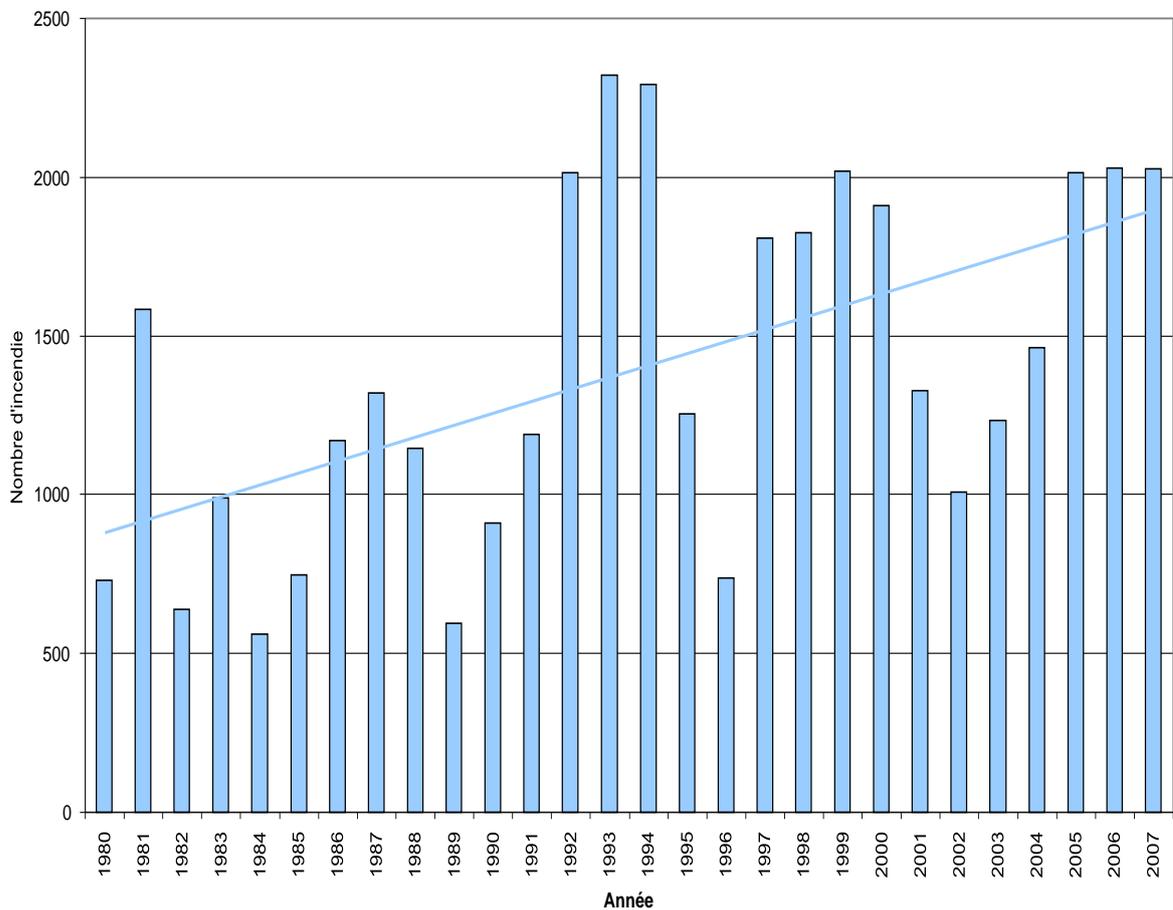
La prévention des incendies de forêt et la protection des forêts algériennes restent donc des priorités importantes pour les autorités et la population algériennes (figure 04) (**meddour-Sahar, 2008**).



**Figure 04** : Evolution annuelle des superficies parcourues par le feu (période 1963-2007) (**meddour-Sahar, 2008**)

### I.3.2 La fréquence des feux

Pendant cette période, les données sur la fréquence des incendies de forêt en Algérie sont disponibles depuis 1980, soit une période de 28 ans, au cours de laquelle on enregistre un total de 38 864 feux, soit une moyenne annuelle de 1 388 feux. Cette moyenne est 3,6 fois plus élevée que celle de la période coloniale (1876-1915). De plus, le pic du nombre d'incendies a été atteint pendant les années 1992, 1993 et 1994, où la fréquence a dépassé les 2 000 feux par an, en particulier en 1993. Des fréquences annuelles des feux très élevées se sont encore présentées plus tard pendant les années de 1997, 1998, 1999, 2000, 2005, 2006, 2007 comme le montre la figure 05 (meddour-Sahar, 2008).



**Figure 05 :** Evolution annuelle des nombres d'incendies en Algérie (période 1980-2007) (meddour-Sahar, 2008).

### I.3.3 La période de l'Algérie indépendante 2008-2019

Le tableau I montre les données fournies par le Système d'Information Mondial sur les Incendies de forêts (GWIS) pour la période de 2008 à 2019 en Algérie. Selon les données, il y a eu un total de 4100 incendies de forêt au cours de cette période, avec une superficie totale brûlée de 1 142 184 hectares. En moyenne, cela correspond à environ 342 incendies de forêt par an. Les données montrent que la superficie incendiée la plus élevée pendant cette période a été enregistrée en 2012, avec un total de 288 070 hectares et 786 incendies de forêt. Ensuite, en 2009, la superficie incendiée était de 131 710 hectares. Les années 2010, 2014, 2017 et 2019 ont également enregistré des superficies incendiées importantes, respectivement de 87 984 hectares, 125 015 hectares, 131 261 hectares et 74 269 hectares. En fait, ces six années représentent 73% de la superficie totale incendiée sur la période de 2008 à 2019, soit un total de 838 309 hectares.

**Tableau I** : les données de GWIS de superficie brûlée annuellement et nombre d'incendies en Algérie de 2008-2019 (<https://gwis.jrc.ec.europa.eu/apps/country.profile/chartsba/DZA>).

Année	Superficie incendiée(ha)	Nombre de feux
2008	99514	393
2009	131710	318
2010	87984	395
2011	65382	356
2012	288070	786
2013	34236	174
2014	125015	492
2015	51556	165
2016	47351	269
2017	131261	412
2018	5836	29
2019	74269	311
Totale	1142184	4100

### I.4 Analyse des feux de forêts dans la wilaya de Bejaia

Bejaia est une wilaya côtière du centre de l'Algérie, qui s'étend sur une superficie de 3 268 km<sup>2</sup> et qui est bordée par la mer Méditerranée sur une distance de plus de 100 km. La wilaya dispose d'une superficie forestière totale de 122 500 hectares, soit environ 38% de la superficie totale de la wilaya. Les espèces dominantes dans les forêts de Bejaia sont le chêne liège, le chêne afares et le chêne kermès, ainsi que le pin d'Alep (Anonyme 01, 2013).

Selon Aiteche, (2016), les statistiques, au cours de la période de 1985 à 2014, indique qu'un total de 103 111 hectares de forêts dans la wilaya de Bejaia ont été détruits par 3 899 incendies de forêt, ce qui équivaut en moyenne à 3 437 hectares et 113 incendies par an. En outre, la wilaya de Bejaia représente 18,46 % de la superficie totale brûlée à l'échelle nationale pour la même période, qui a été estimée à 558 495 hectares, soit une moyenne de 18 617 hectares par an.

Les deux graphes si dessous présentent l'évolution des superficies incendiées et la moyenne annuelle de précipitation durant 1985-2014 dans la wilaya de Bejaia (Aiteche, 2016).

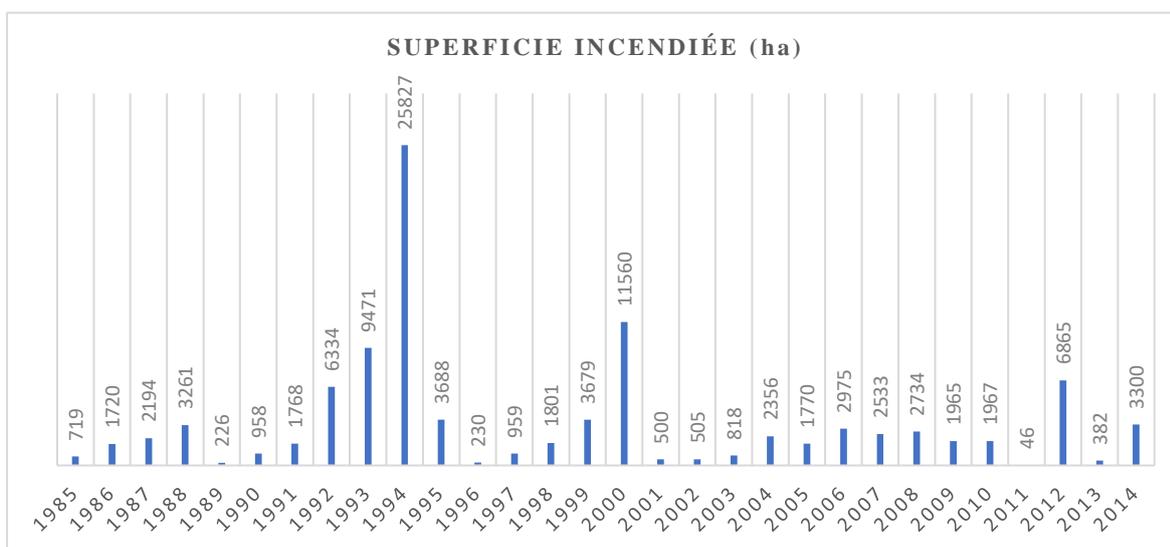


Figure 06 : l'évolution des superficies incendiées durant 1985-2014 dans la wilaya de Bejaia

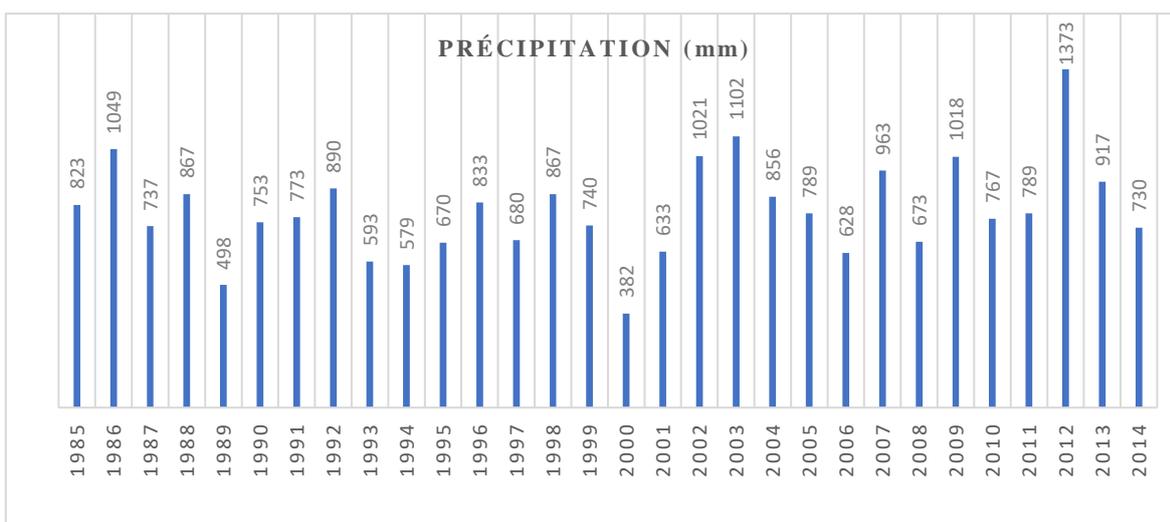


Figure 07 : les moyennes annuelles des précipitations durant 1985-2014 pour la wilaya de Bejaia

En examinant la figure (06) nous pouvons constater que les incendies ont atteint un record en 1994 en termes de superficies incendiées, avec plus de 25 827 hectares de forêts détruites. Les années 2000 et 2012 ont également enregistré un nombre important de superficies brûlées, avec 11 560 hectares pour l'année 2000 et 6 865 hectares pour l'année 2012.

Au cours de la période de 2015 à 2022, la wilaya de Bejaia a enregistré un total de 1 087 incendies qui ont brûlé une superficie de 34 706.115 hectares dont 3 802.8 hectares ont été enregistrés au niveau de la forêt domaniale de Taourirt Ighil.

Le tableau II ci-dessous présente les données de la Conservation des Forêts (CF) de Bejaia concernant les incendies de forêt entre 2015 et 2022 enregistrés au niveau de la wilaya ainsi que la forêt de Taourirt Ighil.

D'après le tableau II, on constate que la plus grande superficie brûlée a été enregistrée en 2021, avec un total de 13 174.50 hectares et 122 incendies déclarés, suivi de l'année 2020 avec 6 105 hectares de superficie brûlés causé par 188 incendies.

En 2017, la superficie incendiée a été de 6 027.30 hectares, tandis que la conservation des forêts a signalé une superficie incendiée de 3 946.665 hectares en 2016. Ces quatre années ont totalisé 31 546.565 hectares, soit 91% de la superficie totale incendiée pendant cette période.

**Tableau II** : bilan d'incendie de forêts au niveau de la wilaya de Bejaia et la forêt domaniale de Taourirt Ighil 2015-2022 (CFB).

Années	Nombre de feux	Superficie brulée au niveau de la wilaya (ha)	Superficie brulée au niveau de la forêt domaniale de Taourirt Ighil (ha)
2015	70	544.850	25.50
2016	202	3 946.665	93.00
2017	181	6 027.30	613.30
2018	24	94.00	02.00
2019	136	2 293.10	89.00
2020	188	6 105.00	1 083.50
2021	122	13 174.50	1 893.00
2022	155	2 520.70	3.50
<b>Total</b>	<b>1,078</b>	<b>34 706.115</b>	<b>3 802.8</b>

Le tableau suivant représente les données climatiques de la wilaya de Bejaia durant la même période. (<https://fr.tutiempo.net/climat/ws-604020.html>)

**Tableau III** : les données climatiques de la wilaya de Bejaia de 2013-2022

<b>Année</b>	<b>Précipitation</b>
<b>2013</b>	<b>917.13</b>
<b>2014</b>	<b>729.98</b>
<b>2015</b>	<b>509.49</b>
<b>2016</b>	<b>679.45</b>
<b>2017</b>	<b>821.72</b>
<b>2018</b>	<b>807.24</b>
<b>2019</b>	<b>737.34</b>
<b>2020</b>	<b>637.55</b>
<b>2021</b>	<b>605.78</b>
<b>2022</b>	<b>367.82</b>

En ce qui concerne les incendies au niveau de la forêt domaniale Taourirt Ighil, on constate que les superficies incendiées les plus importantes ont été enregistrées pendant les années 2020 et 2021 avec un bilan lourd de 2976.5 ha soit 78% de total des superficies brûlées dans la région pendant cette période.

Les conditions climatiques ont une relation directe avec la propagation de feux (Aiteche, 2016), le graphe des précipitations (1985-2014) et tableau 03 révèlent clairement cette relation, généralement au cours des années où les incendies seraient sévères les moyenne des précipitations seraient à des niveaux basses.

*Chapitre II : Présentation  
de la zone d'étude*

## II.1 Présentation de la zone d'étude : Forêt domaniale de Taourirt Ighil

### II.1.1 Situation administrative

La forêt domaniale de Taourirt Ighil est située dans le sud de Toudja et le sud d'Adekkar, s'étendant d'est en ouest. Elle couvre une superficie de 6350 hectares. La forêt se trouve sur 32 cantons et est principalement située dans les communes d'Adekkar et Taourirt Ighil, ainsi que dans les communes de Tifra et Fenaia. La Conservation des Forêts de la wilaya de Bejaia est responsable de la gestion administrative de la forêt, relevant des circonscriptions d'Adekkar, Chemini et El Keur (CFB, 2023).

### II.1.2 Situation géographique

La forêt domaniale de Taourirt Ighil est limitée au :

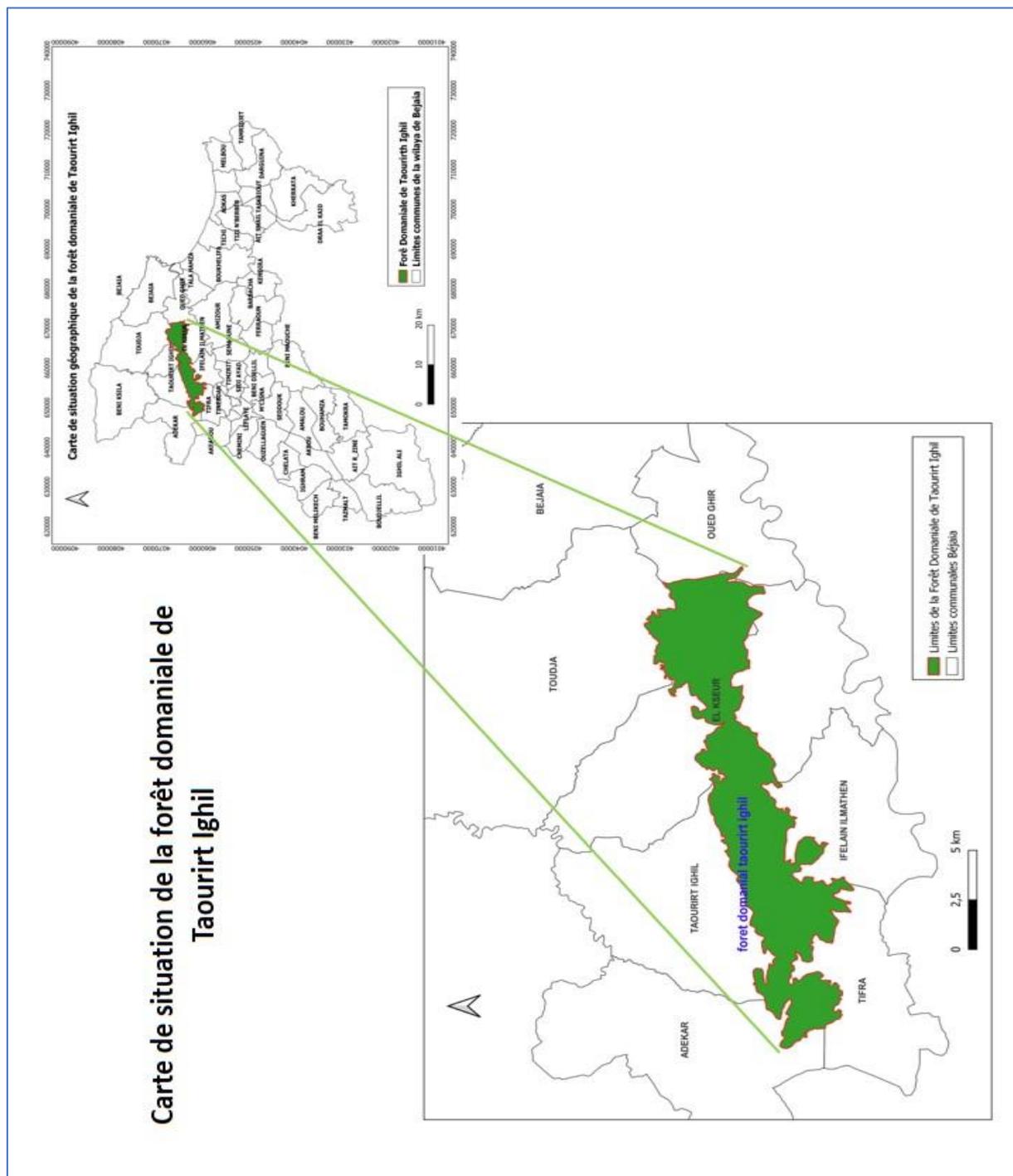
- Nord : par les terres agricoles des communes d'Adekkar et Taourirt Ighil
- Sud : par les terres agricoles de la commune de Tifra
- Est : lisière de la forêt, vers Beni Mensour.
- Ouest : forêt Domaniale de l'Akfadou Est

### II.1.3 Situation régionale par forêt

Elle est constituée des 32 cantons suivants tableau (01) (BENDER,1993) :

+Tala N'Kalla	+Tala Meddilef	+Tala Aguenni Chelef
+Tala Lemlah	+Tercha	+El Choucha
+Tala Izgarene	+Tizi Melalba	+Tala Taklit
+Targa Ali	+Ighil Ousafsaf	+Boudefel
+Tala Amsser Ouadour	+Tabourt Tameqrant	+Tizgouga
+Talmets Izoughlamene	+Amtir Metlou	+Ikermamine
+Tala Zerman	+Tala Igzen Ouzrou	+Cheurfa
+Ighzer Tibarine	+Ighil Berouag	+Irze Mezbour
+Chekroun	+Boumensour	+Tala Abdellah
+Ighil Ouzel	+Ighzer Ouallout	+Tilioua El Khemis
+Milloul	+Taourirt Ighil	

Figure 08 : Carte de situation administrative de la forêt domaniale Taourirt Ighil (CFB, 2023).



### II.1.4 Infrastructures de la zone d'étude

Le tableau IV ci-dessous renferme les différentes infrastructures ainsi que leurs longueurs ou bien leurs superficies

**Tableau IV : Infrastructures de la zone d'étude.**

<b>Infrastructure</b>	<b>Longueur</b>
Route Nationale : <ul style="list-style-type: none"> <li>• RN 12 :</li> <li>• RN34 :</li> </ul>	9.9 Km 3.8 Km
Chemin de Wilaya <ul style="list-style-type: none"> <li>• CW 34 :</li> <li>• CW 174 :</li> </ul>	Longe la partie nord de la série I sur une longueur de 12.5 Km Traverse la zone du SUD au Nord sur une longueur de 2,5 Km
Route communale	1.9 Km
<b>Infrastructure</b>	<b>Superficie (Ha)</b>
Piste forestière :	La zone d'étude est parcourue par un dense réseau de piste de 41.20 Km soit 1.9 Km pour 100 Ha
Tranchée pare-feu :	La superficie de tranchée pare-feu dans la zone est de 43Ha, soit 2Ha pour 100 Ha. Réseau largement suffisant par rapport à la superficie.
<b>Infrastructure</b>	<b>Etat</b>
Maison forestière : <ul style="list-style-type: none"> <li>• MF1 :</li> <li>• MF2 :</li> <li>• MF de Tilioua Lakhmis :</li> </ul>	Occupée par les services de sécurité Dégradée Amodiée pour un agriculteur
Poste de vigie :	Poste de vigie de Tilioua lakhmis (en cours de réhabilitation)
Point d'eau :	Poste de vigie de Milloul

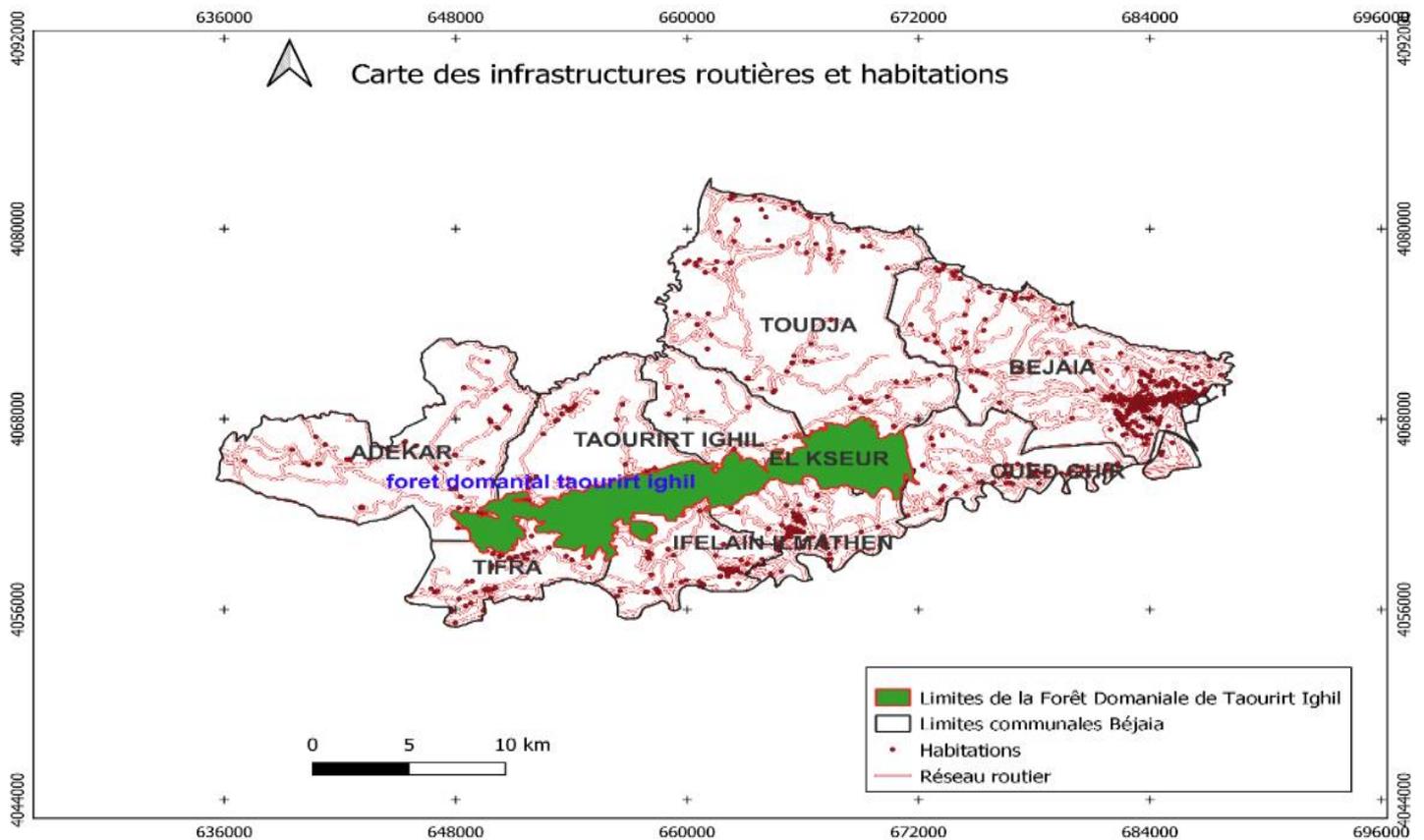
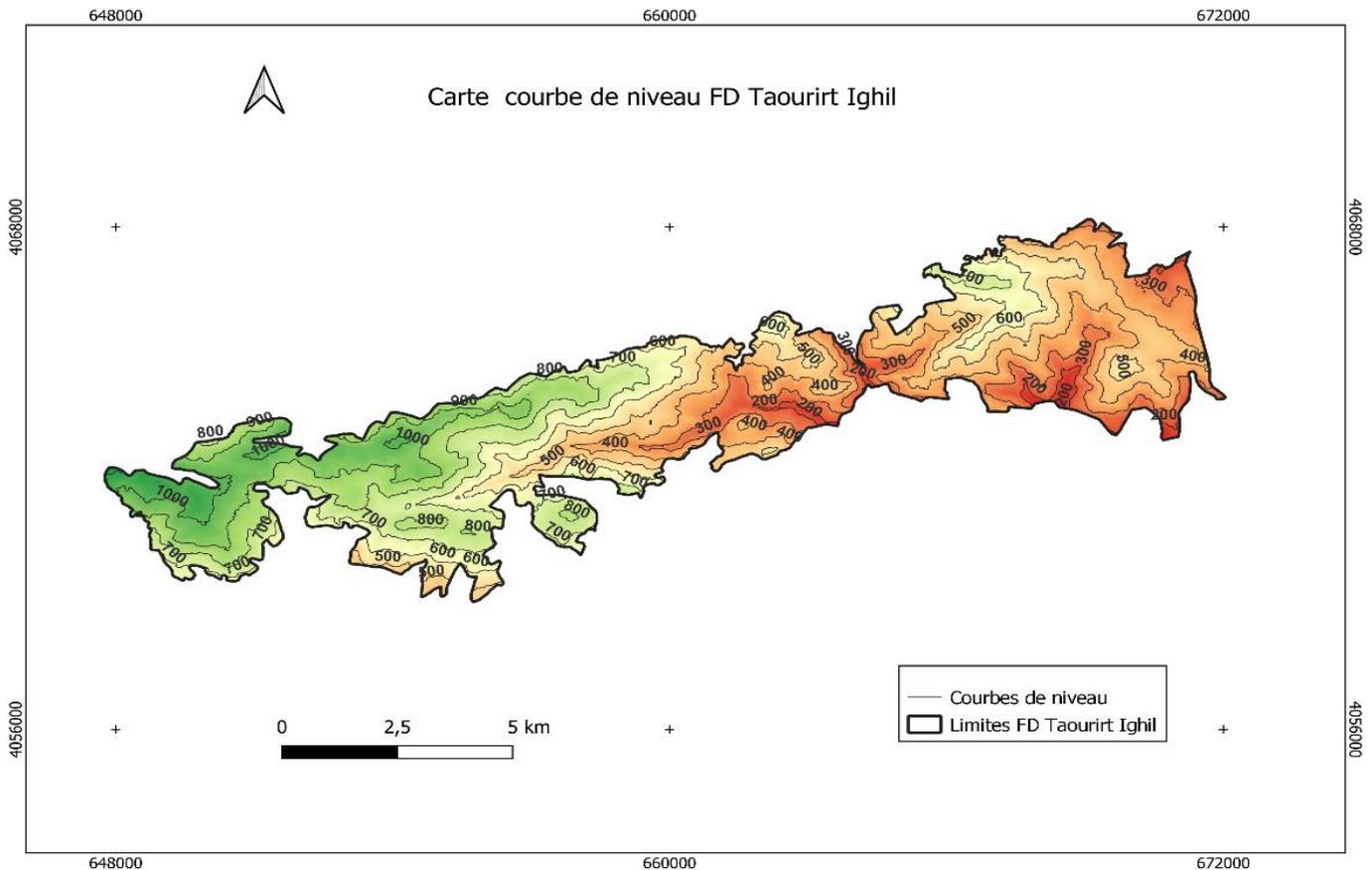


Figure 09 : Carte des habitations et réseau routier (CFB, 2023)

### II.1.5 le relief

La forêt domaniale de Taourirt Ighil est une région montagneuse avec un relief accidenté. Elle s'étend sur environ 24 km vers l'est, avec une forme allongée. La forêt est plus large à l'est, mais plus étroite au centre et à l'ouest. L'altitude moyenne est de 800 mètres, avec des pentes de plus en plus raides vers le sud et des altitudes qui augmentent du nord au sud. Le point le plus élevé de la forêt se trouve à l'ouest, atteignant 1087 mètres d'altitude, tandis que le point le plus bas est à 368 mètres.

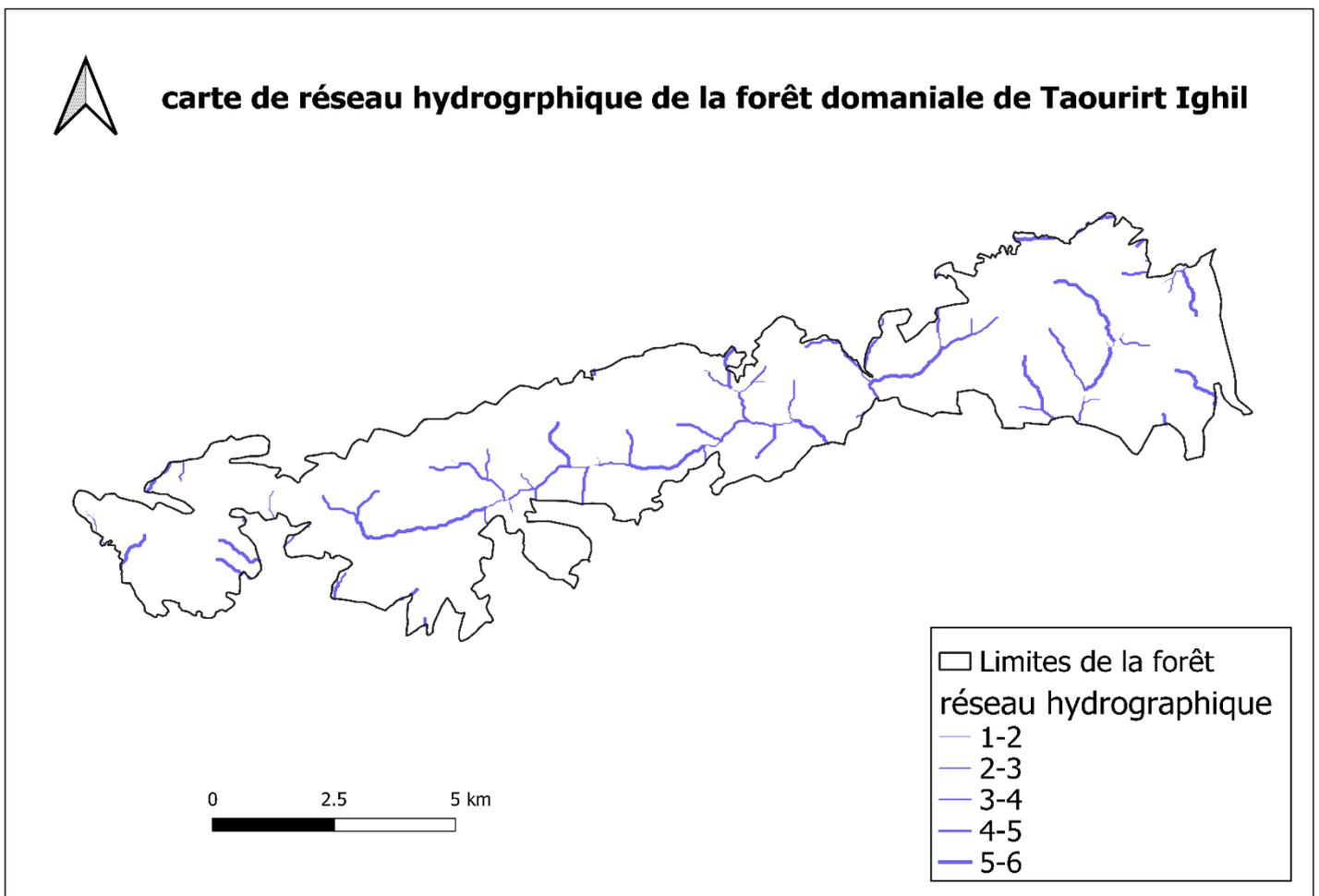


**Figure 10** : carte des courbes de niveau de la forêt domaniale de Taourirt Ighil (CFB, 2023)

La forêt domaniale de Taourirt Ighil présente un relief caractérisé par des lignes de crêtes, des talwegs et des ravines qui découpent des montagnes et des collines aux sommets arrondis. Les lignes de crêtes principales divisent la forêt en versants de différentes longueurs. À l'est, les crêtes sont bien marquées, avec des versants nord plus courts que les versants sud qui sont parcourus de ravines et de cours d'eau encaissés. Les versants orientés vers le nord et l'ouest, tandis que les lignes de partage des eaux suivent généralement une direction sud-est/nord-ouest. Dans la partie est de la forêt, les pentes sont en moyenne supérieures à 25%, avec des pentes inférieures à 3% inexistantes. Au centre, une vallée principale est drainée par l'Oued Chekroun, avec des versants aux pentes fortes, parfois très abruptes, et des altitudes élevées dépassant souvent les 800 mètres. À l'ouest, les altitudes sont encore plus élevées, atteignant 1049 mètres, avec des pentes abruptes et des lignes de crêtes bien définies (BNDER, 1993 ; CFB, 2023).

### II.1.6 Hydrographie

La zone d'étude est caractérisée par un réseau hydrographique bien développé. À l'est, les rivières principales sont l'oued Chekroun et l'Ighzer Irsane, qui collectent les eaux du versant nord-sud grâce à un réseau dense d'oueds secondaires et de ravines. Dans la forêt, les rivières principales sont l'oued Tifra, l'oued Chekroun et l'oued Ghir, avec l'oued Chekroun qui traverse la majeure partie de la forêt sur environ 15 kilomètres. À l'est, les cours d'eau dominants sont l'oued Amtik N'Tamerart et l'Ighzer Oualout, qui se déversent dans l'oued Soummam. Dans la partie ouest de la forêt, au sud d'Adekar, l'écoulement se fait principalement vers le sud à travers l'oued Tifra et l'oued Ouberant, qui rejoignent finalement l'oued Roumila, un affluent de l'oued Soummam. Ce réseau hydrographique contribue à la collecte et au drainage des eaux dans la région (CFB, 2023).



**Figure 11** : Carte du réseau hydrographique de la forêt domaniale de Taourirt Ighil (CFB, 2023)

### **II.1.7 La végétation**

Le couvert végétal est principalement constitué de chêne-liège, avec des peuplements purs ainsi que des peuplements mixtes avec le chêne zeen. Ces peuplements se trouvent principalement dans la partie nord, où les conditions sont favorables, comme des sols profonds et une humidité présente. Le sous-bois est caractérisé par la présence d'arbousiers, de myrtes, de lentisques, de cytises et de bruyères, avec une importante régénération naturelle de ces espèces végétales. Cette diversité végétale contribue à la richesse écologique de la région et offre un habitat propice à de nombreuses espèces animales.

La partie sud de la zone d'étude, le chêne-liège se présente sous forme de maquis et de matorral. Cela est dû aux conditions défavorables telles que les incendies répétitifs, les sols superficiels et le manque d'humidité. Le sous-bois est principalement composé de phylère, de cistes, de calycotomes et de lentisques. Malheureusement, la régénération naturelle de ces espèces est presque inexistante dans cette zone. Cela souligne les défis auxquels le chêne-liège est confronté dans cette région et l'importance de mettre en place des mesures de protection et de conservation pour préserver cette espèce précieuse. **(CFB, 2023)**

### **II. 2 Etude climatique**

La compréhension du climat en Méditerranée est cruciale pour l'établissement, l'organisation et la survie des écosystèmes locaux. En analysant les données climatiques telles que les précipitations, les températures, les variations saisonnières et les tendances à long terme, nous pouvons décrire les différents climats méditerranéens. Cette analyse climatique nous permet d'évaluer les conditions de croissance des plantes, la disponibilité de l'eau et les adaptations des animaux à ces environnements spécifiques.

Nous avons obtenu les données climatiques de notre station d'étude en extrapolant les données de la station météorologique de l'aéroport de Bejaia, située à une altitude de 2m. Cette station a été choisie comme station de référence pour une période de 35 ans, allant de 1987 à 2022.

### II.2.1 Précipitation

Selon les travaux de Seltzer (1946), dans la région méditerranéenne, le gradient pluviométrique varie de 40 à 80 mm de précipitations pour chaque élévation de 100 mètres d'altitude à partir du niveau de la mer, en fonction de l'altitude des montagnes environnantes. Compte tenu de la proximité de notre station météorologique avec le littoral, nous prendrons en considération un gradient de 40 mm de précipitations.

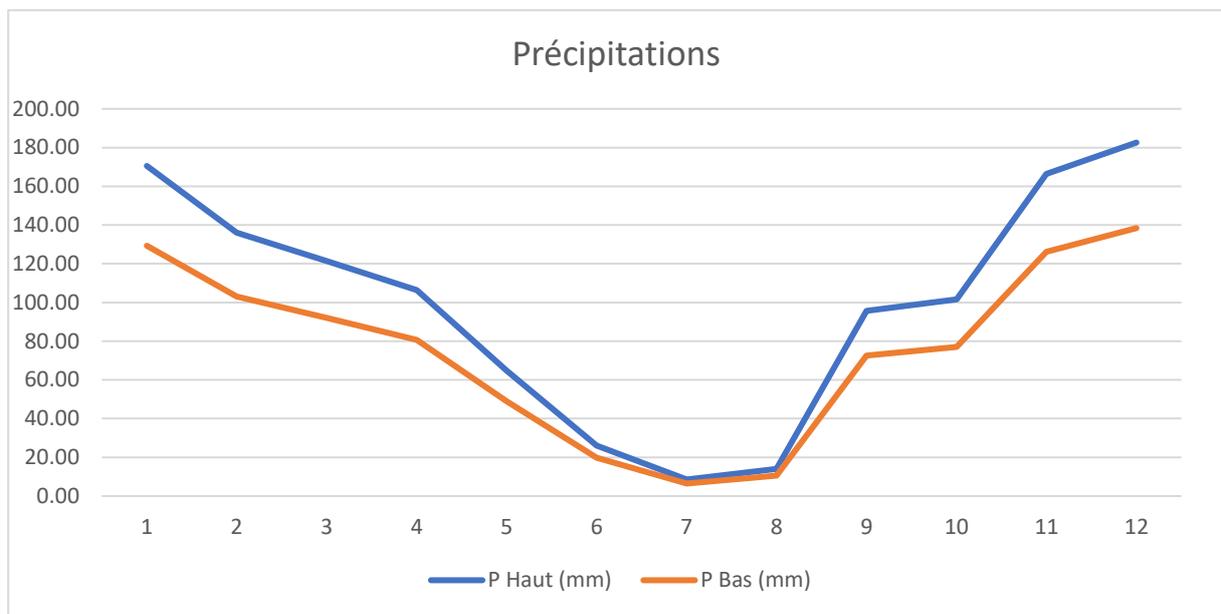
Il est important de noter que la station de Bejaïa enregistre une pluviométrie annuelle de 760.46 mm. De plus, il y a des différences significatives d'altitude entre la station de Bejaïa et les stations d'études, qui sont respectivement de 1085 m et 366 m.

La pluviométrie annuelle estimée au point le plus bas de notre zone d'étude est calculée en ajoutant 146.4 mm à la pluviométrie annuelle de Bejaïa, ce qui donne un total de 906.86 mm. De même, la pluviométrie annuelle estimée au point le plus haut de la station d'étude est calculée en ajoutant 434 mm à la pluviométrie annuelle de Bejaïa, ce qui donne un total de 1194.46 mm (annexes).

Ces estimations prennent en compte les différences d'altitude entre la zone d'étude et la station de Bejaïa afin d'obtenir une meilleure approximation des précipitations annuelles dans ces régions. Pour y parvenir, il faut multiplier la valeur mensuelle de chaque mois de la station de Bejaïa par les rapports indiqués dans le tableau suivant.

**Tableau V :** Valeurs des rapports d'ajustement des précipitations des stations d'étude

Station	Différence Altitudinale (m)	P (mm) / Station Bejaïa	P (mm) / Station d'étude	P Station / P Bejaïa	Valeur d'ajustement
Point haut	1085	760.46	1194.46	(1194.46/760.46) mm	X 1.57
Point bas	366	760.46	906.86	(906.86/ 760.46) mm	X 1.19



**Figure 12 :** Répartition des précipitations dans la zone d'étude Taourirt-Ighil (1987-2022)

La figure 05 représentée ci-dessus illustre l'évolution des précipitations dans la zone étudiée sur une période de 35 ans, à la fois au point haut et au point bas. Une analyse des données révèle que les précipitations varient d'un mois à l'autre, avec une saison des pluies plus marquée au point haut, où les précipitations sont plus élevées en hiver et en automne, et les mois d'été sont plus secs. Au point bas, une tendance similaire est observée, mais avec des valeurs de précipitations globalement plus faibles.

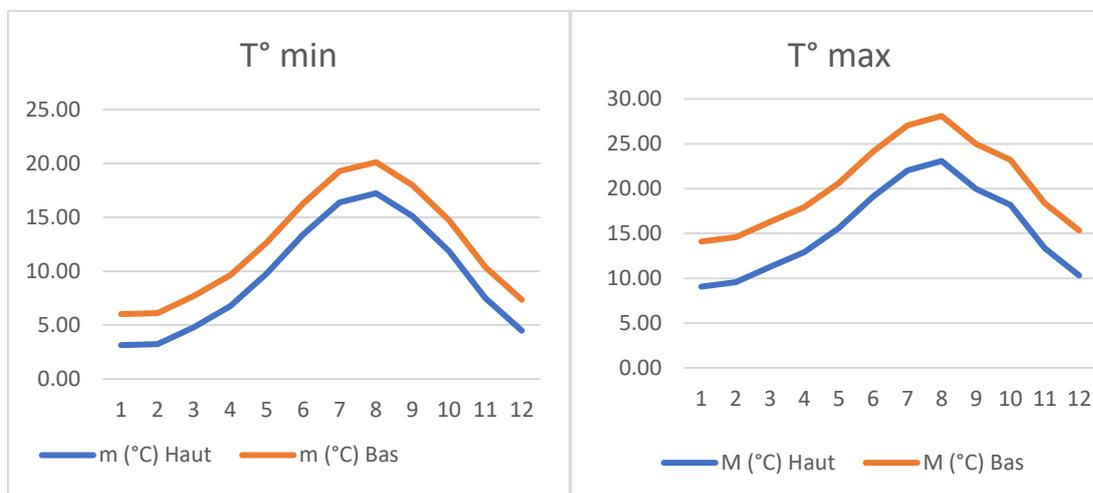
## II.2.2 Les températures

Selon Seltzer (1946), les températures moyennes minimales (m) diminuent de  $0.4^{\circ}\text{C}$  pour chaque élévation de 100m, tandis que les températures moyennes maximales (M) diminuent de  $0.7^{\circ}\text{C}$  pour chaque élévation de 100m.

En utilisant ces informations, nous pouvons estimer les températures de notre zone d'étude. Au point bas, les températures moyennes minimales (m) sont inférieures de  $1.46^{\circ}\text{C}$  à celles de Bejaia et les températures moyennes maximales (M) sont inférieures de  $2.35^{\circ}\text{C}$ . Au point haut, les températures moyennes minimales (m) sont inférieures de  $4.34^{\circ}\text{C}$  à celles de Bejaia et les températures moyennes maximales (M) sont inférieures de  $7.60^{\circ}\text{C}$ .

La figure 06 illustre l'évolution des températures minimales et maximales au point haut et bas de la forêt de Taourirt Ighil. On peut observer que les températures au point bas sont généralement plus élevées que celles au point haut tout au long de l'année.

En analysant les données au point haut de la zone étudiée, on peut constater que les températures sont relativement froides en hiver, avec une moyenne de 6.10°C, et augmentent pendant les mois d'été, atteignant leur maximum en août avec 28.11°C. Pour les températures moyennes au point bas, elles sont relativement douces en hiver avec 10.06°C et augmentent pendant les mois d'été, atteignant leur maximum en août avec 24.11°C.



**Figure 13** : les moyennes de températures minimales et maximales pour les stations pour la période (1987-2022).

### II.2.3 Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausson

Dans leur approche de synthèse climatique, Bagnouls et Gausson (1953) ont développé un graphique permettant d'évaluer le degré de sécheresse d'un mois. Selon leur méthode, un mois est considéré comme sec lorsque le total des précipitations mensuelles est inférieur ou égal au double de la température moyenne mensuelle. Cette relation entre les précipitations et la température offre une meilleure compréhension des variations climatiques mensuelles et permet d'évaluer la disponibilité en eau pour la végétation. Elle peut également

aider à identifier les périodes de sécheresse et les contraintes hydriques potentielles dans une région donnée.

Selon les figures 07 et 08 du diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен (1953), nous pouvons constater que le point bas présente une période de saison sèche plus longue que le point haut. Au point bas, cette période de sécheresse débute à la fin du mois de mai et se prolonge jusqu'au début du mois de septembre. En revanche, au point haut, la saison sèche commence en juin et se termine vers la fin du mois d'août.

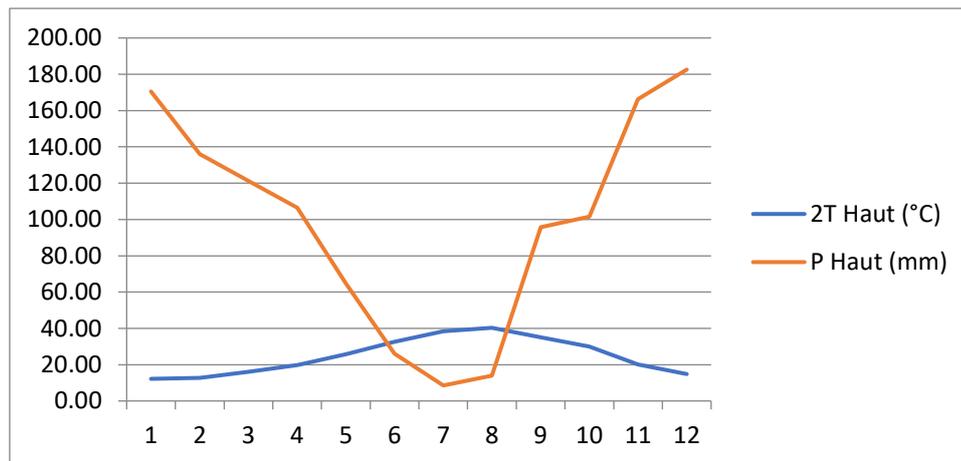


Figure 14 : Diagramme ombrothermique du point haut

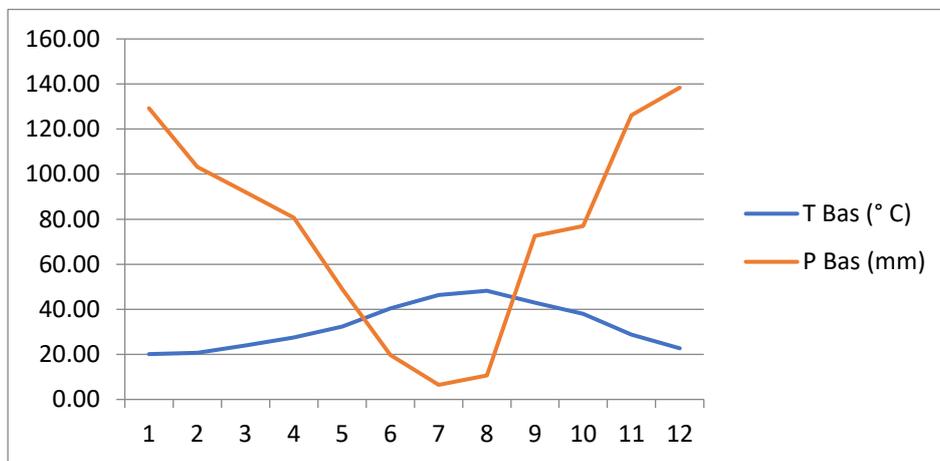


Figure 15 : Diagrammes ombrothermiques du point bas

## II.2.4 Climagramme d'Emberger

Le quotient pluviothermique d'Emberger est une méthode de synthèse climatique qui utilise un graphique pour mettre en relation les précipitations et les températures. Le quotient pluviothermique (Q) est calculé selon la formule suivante :

$$Q=3,43\frac{P}{M-m}$$

Où :

**P** : pluviométrie moyenne annuelle en mm

**M** : température maximale moyenne du mois le plus chaud

**m** : température minimale moyenne du mois le plus froid

**Tableau VI** : Valeurs du quotient pluviothermique de Stewart pour Bejaia et la zone d'étude

Région	P (mm)	M (°C)	m (°C)	Quotient
Bejaia	760.46	29.56	7.48	123.43
Point haut	1194.46	20.16	6.10	291.39
Point bas	906.86	24.11	10.06	221.39

Le climagramme est un graphique sur lequel sont tracées les limites des différentes zones climatiques en liaison avec la variation du couvert végétal.

Le climagramme nous indique que la zone d'étude est située dans l'étage bioclimatique humide à hiver doux et Bejaia dans le subhumide à hivers chaud.

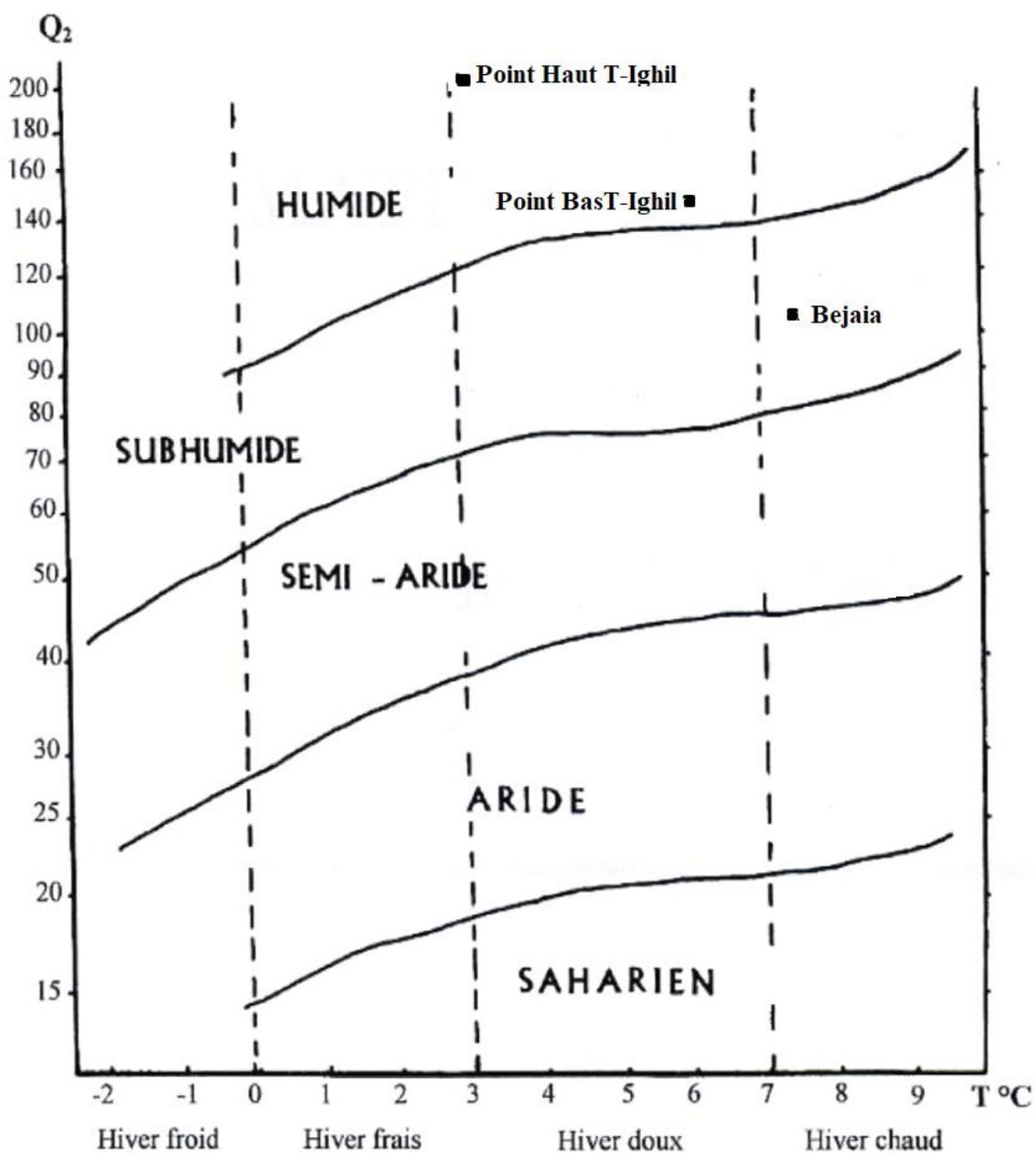


Figure 16 : Situation bioclimatique de la station d'étude sur le climagramme D'Emberger modifié par Stewart (1969).

*Chapitre III : Matériels et  
Méthodes*

Le déclenchement des incendies de forêt est étroitement lié aux conditions environnementales, qu'elles soient physiques, biotiques ou humaines. Comprendre ces caractéristiques est essentiel pour mieux appréhender le problème des incendies et évaluer les risques dans la forêt étudiée.

Dans notre étude, nous avons cherché à cartographier ces caractéristiques afin de créer une représentation visuelle et thématique de la situation. Cette carte thématique nous permettra de visualiser les différents facteurs de risque et leur répartition spatiale, ce qui est essentiel pour une gestion efficace de la prévention et de la lutte contre les incendies. En analysant les caractéristiques physiques de l'environnement, comme la densité de la couverture végétale, l'inclinaison des pentes et l'exposition, nous pouvons identifier les zones les plus propices à l'ignition et à la propagation des incendies. De plus, en prenant en compte les facteurs biotiques tels que la présence d'espèces végétales inflammables, nous pouvons mieux évaluer les risques potentiels. Il est également crucial de considérer les facteurs humains, tels que les habitations et la densité du réseau routier, qui peuvent accroître les risques d'incendie. Ces éléments nous aident à comprendre comment les actions humaines peuvent influencer les conditions favorables aux incendies. En combinant ces informations dans une carte thématique, nous serons en mesure d'identifier les zones à risque élevé, ce qui permettra de mieux cibler les mesures de prévention et de lutte contre les incendies. Cela contribuera à la protection des écosystèmes forestiers et des communautés environnantes, en réduisant les impacts négatifs des incendies de forêt.

Les systèmes d'information géographique (SIG) et la télédétection sont devenus des outils importants pour l'observation et la compréhension des phénomènes naturels tels que les feux de forêt. Ils sont également des outils efficaces de cartographie et de surveillance des changements du paysage forestier, notamment lorsqu'il est touché par les incendies (**Taibi et al., 2020**).

La cartographie des zones incendiées joue un rôle essentiel dans la gestion des situations post-incendie. Elle permet de dresser un inventaire des dégâts afin d'évaluer les pertes économiques et écologiques. Ces informations sont ensuite utilisées pour estimer et allouer les ressources nécessaires à la mise en place d'un programme de restauration et de réhabilitation des zones brûlées. De plus, la cartographie permet la localisation spatiale des régions endommagées et facilite l'analyse des différents facteurs impliqués dans le processus

d'incendie. Ainsi, elle contribue à une meilleure compréhension du comportement des incendies (**Rahmani, 2022**).

L'indice de risque est une évaluation du risque basée sur des modèles et formalisée par une valeur. Il est calculé en utilisant un modèle mathématique qui prend en compte différents paramètres pouvant être à l'origine de l'apparition ou de la propagation des feux de forêt (**Smail, 2012**). Dans le domaine de l'évaluation et de la cartographie des risques d'incendie, il existe une multitude de méthodes, chacune ayant ses propres caractéristiques et conditions d'application qui varient en fonction des particularités de la zone étudiée. Étant donné l'absence d'une méthode précise spécifique aux forêts algériennes et la difficulté de maîtriser certaines données dans d'autres méthodes, nous avons choisi une méthode qui utilise des données maîtrisables et exploitables, et qui est adaptée à nos forêts méditerranéennes.

Cette méthode se base sur l'intégration d'informations cartographiques dans un modèle sous forme d'une équation mathématique. Dans ce modèle, chaque paramètre se voit attribuer un coefficient de pondération (7, 5, 3) qui est calculé à l'aide de méthodes statistiques. Il s'agit du modèle **d'Erten et al., (2004)** qui permet de calculer trois indices : l'indice de végétation (NDVI), l'indice topomorphologique (IM) et l'indice humain (IM).

### III.1 Matériels et méthodes

#### III.2 Les documents cartographiques utilisés

Pour l'élaboration de la carte du risque d'incendie, nous avons utilisé des fichiers cartographiques prêts à l'emploi disponibles auprès de la conservation des forêts de la wilaya de Bejaia (2023). Ces fichiers comprenaient des couches d'informations au format "shapefile" (shp) ainsi que des couches d'informations au format "raster".

#### III.3 Le logiciel utilisé

Nous avons utilisé **QGIS 3.30.3** comme logiciel SIG pour ce projet. **QGIS** est un logiciel de Système d'Information Géographique (SIG) fondé en 2002. Il offre une variété d'extensions qui permettent d'effectuer différentes opérations, telles que la superposition des couches d'informations, la conversion des fichiers shapefile en format raster (utilisation de l'extension **GDAL-Vector conversion-rasterize (vector to raster)**), la reclassification des fichiers raster (utilisation de l'extension **raster analysis>reclassify by table**), les calculs des

superficiés des différents indices de risque (utilisation de l'extension **GRASS>r.report**), et le calcul de l'indice global de déclenchement d'incendie (utilisation de l'extension **Raster analysis>raster calculator**).

### III.4 Approche méthodologique adoptée

#### III.4.1 Modélisation de l'indice de risque

Pour l'élaboration de la carte globale de risque de déclenchement d'incendies, nous avons utilisé le modèle Turque développé par **ERTEN *et al.*, (2004)**. Les étapes suivies sont représentées dans l'organigramme ci-dessous, et le modèle appliqué est décrit par l'équation suivante :

$$IR = 7(NDVI) + 5(P+E) + 3(Dr + Da)$$

Où :

NDVI = indice de végétation

P = pentes (risque lié aux pentes)

Da = distance par rapport aux habitations

Dr = distance par rapport aux routes

E = exposition (risque lié à l'exposition)

L'indice de risque (IR) est calculé en pondérant chaque paramètre selon les coefficients 7, 5 et 3. Cette approche permet de prendre en compte plusieurs facteurs influençant le risque de déclenchement d'incendies et de les combiner pour obtenir une évaluation globale du risque.

L'organigramme ci-dessous illustre les étapes suivies pour l'élaboration de la carte de risque d'incendie :

1. Préparation des données cartographiques : importation des couches d'informations nécessaires, notamment les données sur l'indice de végétation (NDVI), les pentes, l'exposition, les distances par rapport aux habitations et aux routes.
2. Calcul de l'indice de végétation (NDVI) : cette étape consiste à calculer l'indice de végétation à partir des données disponibles, en utilisant une formule spécifique adaptée à chaque type de données.

3. Calcul des pentes et de l'exposition : à partir des données cartographiques, les pentes et l'exposition sont calculées en utilisant des algorithmes appropriés.
4. Calcul des distances par rapport aux habitations et aux routes : en utilisant des outils de calcul de distance, les distances par rapport aux habitations et aux routes sont déterminées pour chaque point de la zone d'étude.
5. Pondération des paramètres : les paramètres sont pondérés en utilisant les coefficients spécifiés dans le modèle Turque.
6. Calcul de l'indice de risque : l'indice de risque est calculé en combinant les paramètres pondérés selon l'équation spécifiée.
7. Création de la carte de risque d'incendie : en utilisant les résultats du calcul de l'indice de risque, une carte de risque d'incendie est générée pour la zone d'étude d'incendies en prenant en compte plusieurs facteurs clés.

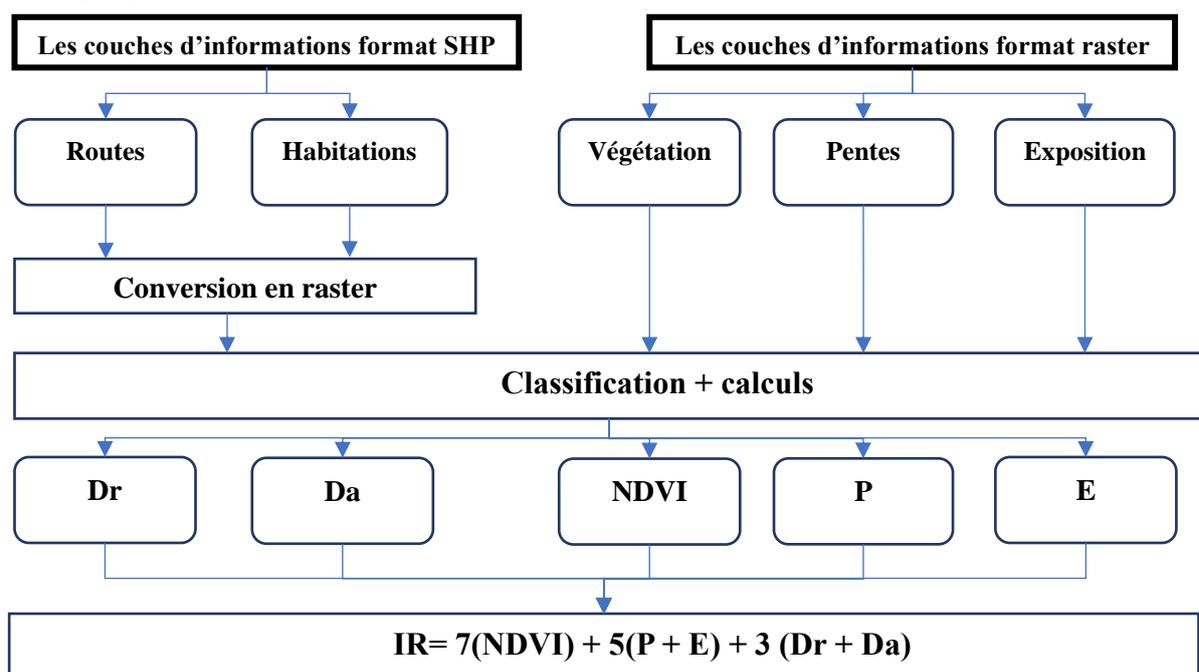


Figure 17 : la procédure suivie de la cartographie des différents indices des risques

#### III.4.1.1 L'indice humain

L'indice humain est un élément important dans l'évaluation du risque de déclenchement d'incendie. Il prend en compte la présence humaine et son influence sur le risque. Dans le

modèle utilisé, l'indice humain est calculé en évaluant les distances par rapport aux habitations et aux routes.

Pour calculer l'indice humain, nous avons utilisé la fonction buffer de QGIS afin de déterminer la distance autour des routes selon les normes spécifiées dans le modèle utilisé (tableau VII). Une fois les fichiers vectoriels obtenus pour les habitations et les routes, nous les avons converties en format raster en utilisant l'extension **GDAL-Vector conversion-rasterize (vector to raster)**. Une fois les fichiers raster obtenus, nous les avons reclassés en utilisant l'extension **raster analysis-reclassify by table**, en attribuant une classe de risque à chaque distance spécifiée dans le tableau 01. Les classes de risque sont définies en fonction des distances par rapport aux habitations et aux routes, avec des valeurs allant de très élevé à très faible.

**Tableau VII : Classification des distances ERTEN *et al.*, (2004).**

<b>Paramètre</b>	<b>Distance (m)</b>	<b>Code</b>	<b>Classe de risque</b>
<b>Distance à partir des routes (Dr)</b>	<100	5	Très élevé
	[100-200]	4	Elevé
	[200-300]	3	Moyen
	[300-400]	2	Faible
	>400	1	Très faible
<b>Distance à partir les habitations (Da)</b>	<1000	5	Très élevé
	[1000-2000]	4	Elevé
	[2000-3000]	3	Moyen
	[3000-4000]	2	Faible
	>4000	1	Très faible

En combinant les valeurs de risque associées aux distances par rapport aux habitations et aux routes, nous obtenons l'indice humain. Cet indice permet de prendre en compte l'influence de la présence humaine sur le risque de déclenchement d'incendie. Il contribue ainsi à une évaluation plus précise du risque global.

#### **III.4.1.2 L'indice topomorphologique**

L'indice topomorphologique a été calculé en utilisant des données cartographiques sur les pentes et l'exposition. Ces données ont été traitées en utilisant des algorithmes appropriés pour obtenir les valeurs d'indice correspondantes. Les pentes et l'exposition sont des facteurs

importants dans l'évaluation du risque de déclenchement d'incendies, car ils peuvent influencer la propagation du feu.

En utilisant les données sur les pentes et l'exposition, nous pouvons évaluer leur contribution au risque global de déclenchement d'incendie. Ces paramètres permettent de prendre en compte les caractéristiques topographiques de la zone d'étude et leur impact sur le risque d'incendie.

#### A/ Les pentes

Pour évaluer le risque lié aux pentes, nous avons utilisé les données sur les pentes de la zone d'étude. Le risque est évalué en fonction du degré d'inclinaison de la pente, conformément aux normes spécifiées dans le tableau 02. Les pentes sont généralement classées en plusieurs catégories de risque, allant de faible à élevé, en fonction de leur degré d'inclinaison.

#### B/ L'exposition

L'exposition, quant à elle, est déterminée en utilisant les valeurs exprimées en degrés qui indiquent l'orientation du versant. L'exposition au versant peut influencer la propagation du feu, car certaines orientations peuvent favoriser la combustion et la propagation du feu. Les valeurs d'exposition sont représentées sur la figure 18, qui montre les différentes orientations et leurs degrés.

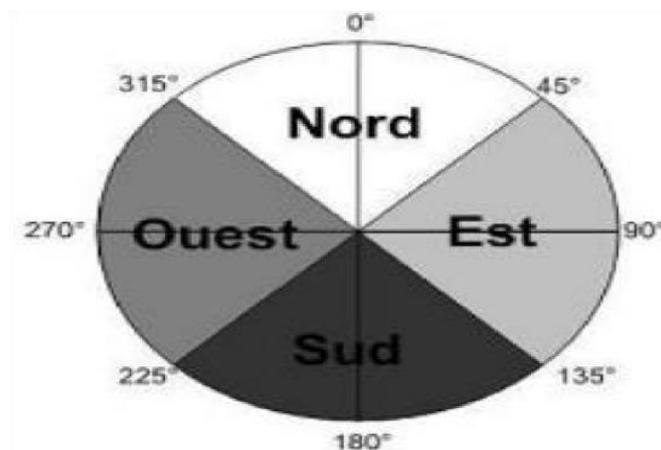


Figure 18 : conversion des expositions au degré (source Baazi, 2022)

**Tableau VIII** : classifications des pentes et des expositions ERTEN *et al.*, (2004)

Paramètre	Classe	Code	Classe de risque
<b>Pente</b>	>35%	5	Très élevé
	[25-35%]	4	Elevé
	[10-25%]	3	Moyen
	[10-5%]	2	Faible
	<5%	1	Très faible
<b>Exposition</b>	Sud	5	Très élevé
	Ouest	4	Elevé
	Est	3	Moyen
	Nord	2	Faible

### III.4.1.3 L'indice de végétation NDVI

Dans le modèle de risque d'incendie utilisé, l'indice de végétation NDVI est pris en compte pour évaluer le risque lié à la végétation. Ce risque est classé en fonction du degré d'inflammabilité, qui est influencé par l'humidité de la végétation et la densité de l'espèce.

Pour évaluer le risque lié à l'indice de végétation NDVI, nous avons classifié le risque en fonction de la densité du chêne liège dans la zone d'étude, spécifiquement dans la région de forêt domaniale de Taourirt Ighil. Cette classification est basée sur les valeurs de l'indice de densité du chêne liège, qui varient de -01 à 01, selon le tableau 03.

**Tableau IX** : classification selon la densité de végétation ERTEN *et al.*, (2004)

Paramètre	Classe	Code	Classe de risque
<b>La végétation</b>	[-01 ; 0]	1	Très faible
	[0 ; 0.1]	1	Très faible
	[0.1 ; 0.2]	2	Faible
	[0.2 ; 0.3]	3	Moyen
	[0.3 ; 0.4]	4	Elevé
	[0.4 ; 01]	5	Très élevé

Une fois toutes les couches raster reclassifiées en fonction de leurs critères respectifs (distances par rapport aux routes et aux habitations, pentes, exposition, indice de densité du chêne liège), nous pouvons calculer l'indice de risque global (IR) en utilisant l'extension **Raster analysis>raster calculator**. Cela nous permet d'obtenir une évaluation globale du risque d'incendie en prenant en compte tous les paramètres pertinents.

L'indice de risque global (**IR**) est calculé en utilisant l'équation précédente, qui combine les valeurs de risque associées à chaque paramètre. Cela nous donne une mesure globale du risque d'incendie dans la zone d'étude, en prenant en compte la densité de végétation, les distances par rapport aux routes et aux habitations, les pentes et l'exposition.

*Chapitre IV : Résultats et  
Discussion*

## **IV. 1 Cartographie du risque et interprétation des résultats**

La mise en œuvre de l'approche méthodologique choisie a permis de réaliser la carte de risque de déclenchement d'incendie pour la forêt de Taourirt Ighil. Cette réalisation a été rendue possible grâce à la création des cartes de risque des différents indices mentionnés précédemment.

Les résultats obtenus et la discussion qui en découle sont présentés dans le présent chapitre. Ces résultats fournissent une évaluation approfondie du risque d'incendie dans la zone d'étude, en prenant en compte différents paramètres tels que la distance par rapport aux routes et aux habitations, les pentes, l'exposition et l'indice de végétation NDVI.

La carte de risque de déclenchement d'incendie permet de visualiser et de comprendre la répartition spatiale du risque dans la forêt de Taourirt Ighil. Elle peut être utilisée comme outil de planification et de gestion des incendies, en identifiant les zones présentant un risque élevé et en prenant des mesures préventives pour réduire ce risque. Les superficies de chaque classe de risque pour chaque indice ont été calculés en utilisant l'extension **GRASS>r.report**.

### **IV. 1.1 Indice humain (IH)**

#### **A/ Proximité des Habitations**

Cet indice est utilisé pour évaluer la proximité des habitations par rapport à la forêt. Selon la figure 19, on peut observer que la classe de risque avec le pourcentage le plus élevé est la classe "très faible" (proximité > 4000 m), qui représente 49% de la superficie totale de la forêt de Taourirt Ighil, soit 3425 hectares. La classe "faible" représente 24% de la superficie totale, soit 1655 hectares. La classe de risque avec une proximité entre 2000 et 3000 m (risque moyen) occupe 18% de la superficie totale, soit 1298 hectares. Enfin, les classes "élevée" et "très élevée" représentent une superficie totale de 659 hectares, avec 8% pour la classe "élevée" et 1% pour la classe "très élevée".

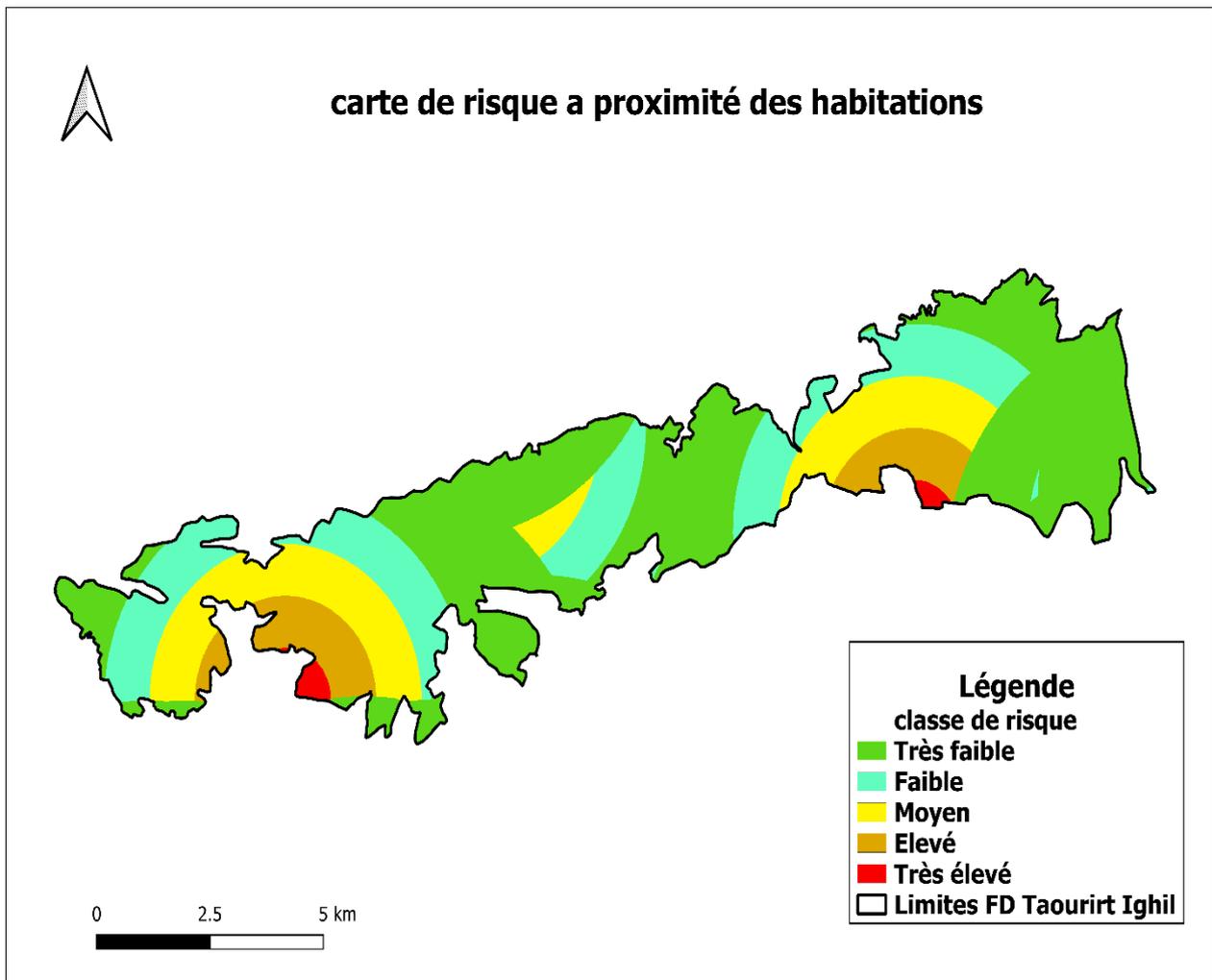


Figure 19 : carte de risque à proximité des habitations

### B/ Proximité des routes

Selon la figure 20, on peut constater clairement que la classe de risque avec le pourcentage le plus élevé est la classe "très faible" (correspond à la classe >400) qui représente 79% de la superficie totale de la forêt de Taourirt Ighil, soit 5505 hectares.

La classe "faible" représente 06% de la superficie totale, soit 394 hectares. La classe de risque moyen occupe 05% de la superficie totale, soit 389 hectares. Enfin, les classes "élevée" et "très élevée" représentent une superficie totale de 748 hectares, soit 10% de la superficie totale (environ 05% pour chacune).

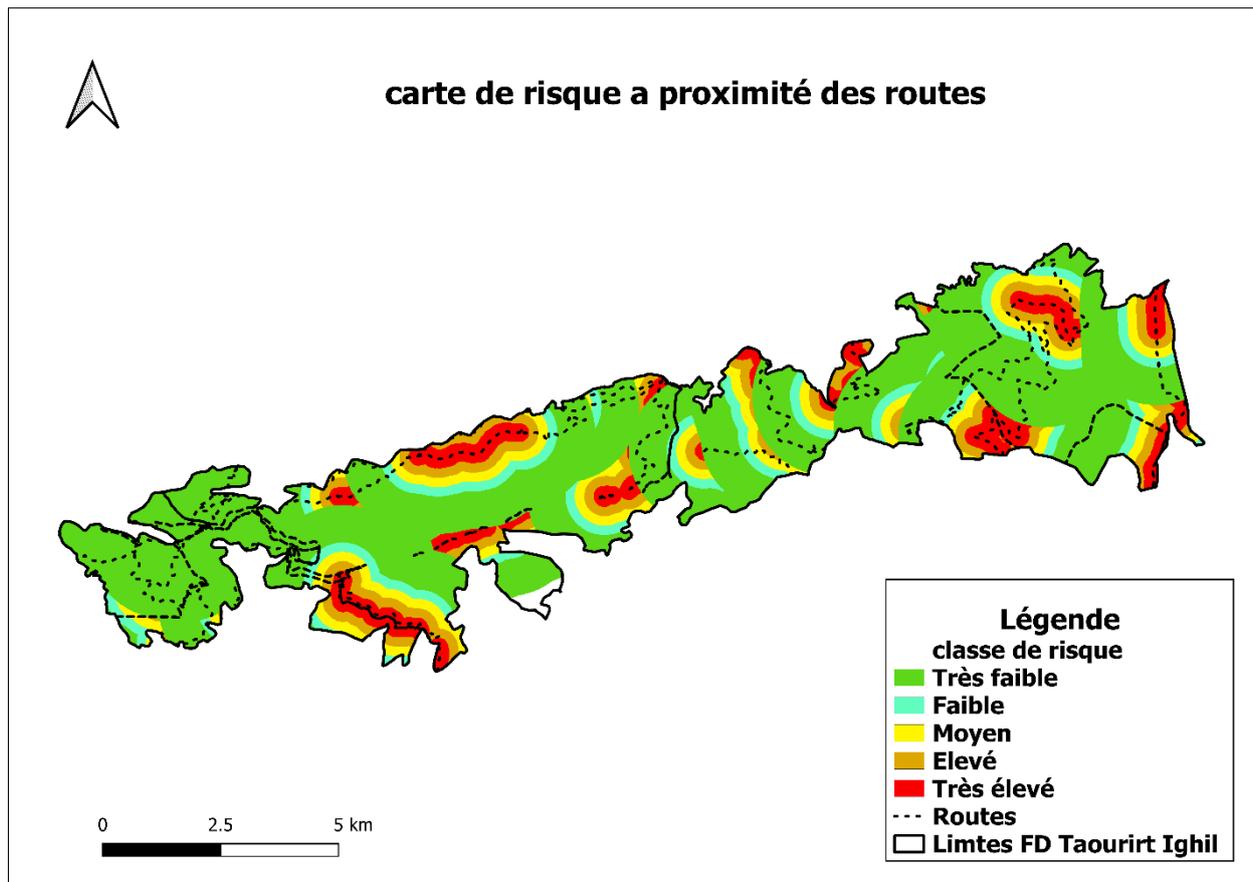


Figure 20 : carte de risque à proximité des routes

#### IV. 1.2 Indice topomorphologique (IM)

##### A/ Les pentes

La carte de risque lié aux pentes permet de visualiser la répartition spatiale du risque d'incendie en fonction des pentes du terrain. Elle met en évidence les zones où les pentes sont plus susceptibles de favoriser la propagation des incendies.

Selon la figure 21, la classe de risque dominante en fonction des pentes est la classe "moyen" (correspondant à la classe de pentes de 10-25%). Cette classe représente 55% de la superficie totale de la zone d'étude, soit 3 676 hectares. La classe de risque "élevé" (correspondant aux pentes de 25-35%) représente 17% de la superficie totale, soit 1 155 hectares. Quant à la classe de risque "très élevé" (correspondant aux pentes supérieures à 35%), elle représente seulement 8% de la superficie totale, soit 512 hectares.

Finale­ment, les classes de risque "faible" et "très faible" ensemble occupent 20% de la superficie totale, soit 1349 hectares.

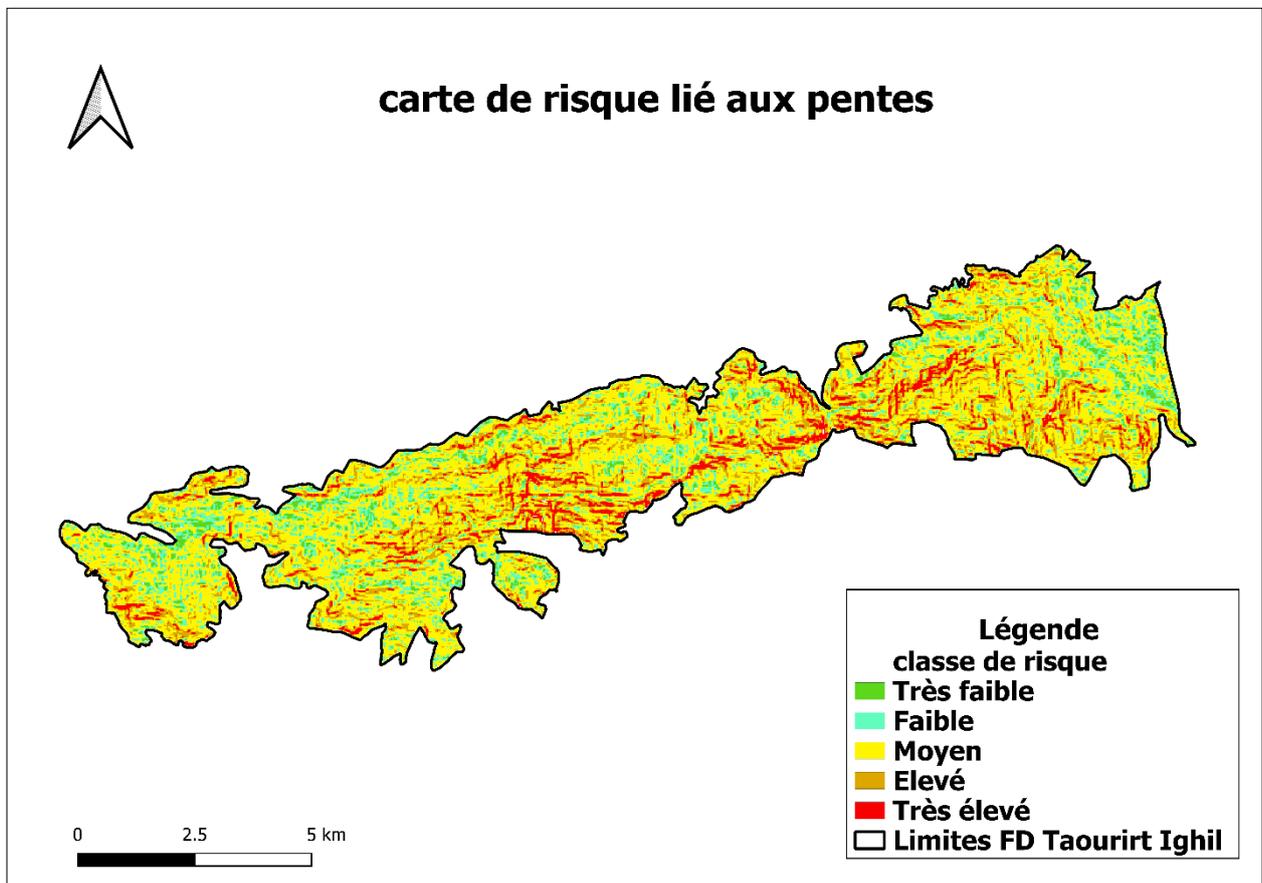


Figure 21 : carte de risque lié aux pentes

## B/ L'exposition

La carte de risque liée à l'exposition permet également de visualiser la répartition spatiale du risque d'incendie en fonction de l'orientation des zones étudiées. Elle nous aide à identifier les zones où l'exposition au soleil peut influencer le risque d'incendie.

En examinant la figure 22, nous constatons que les différentes classes de risque liées à l'exposition ont des valeurs relativement similaires. La classe de risque "faible", correspondant à l'exposition au nord, est la plus prédominante avec une proportion de 30%, soit une superficie de 1859 hectares. Elle est suivie de près par la classe de risque "très élevé", correspondant à l'exposition au sud, avec une proportion de 29%, soit une superficie de 1824 hectares.

L'exposition à l'ouest, associée à un risque élevé, représente 20% de la superficie totale, soit 1345 hectares. Enfin, l'exposition à l'est, associée à un risque moyen, représente 21% de la superficie totale, soit 1 330 hectares.

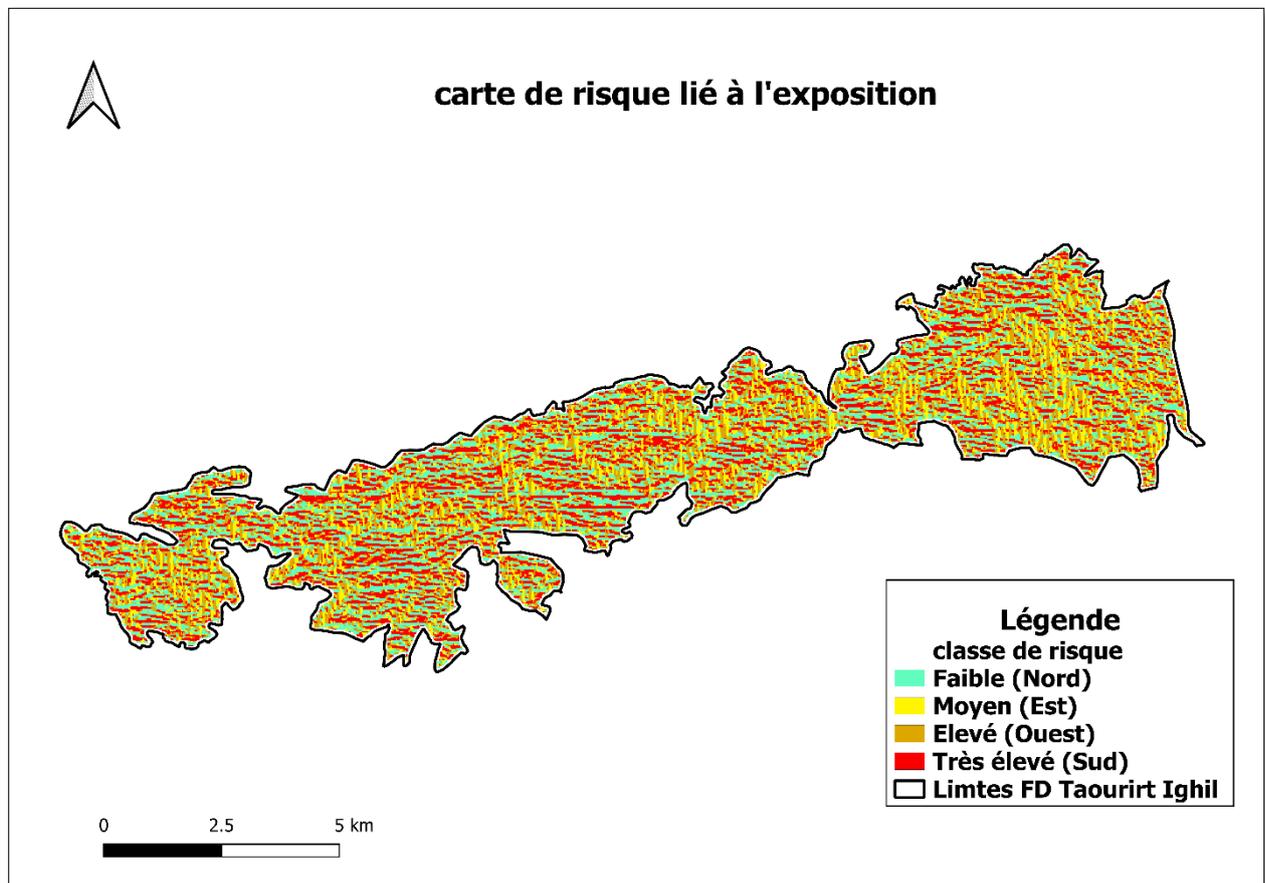


Figure 22 : carte de risque lié à l'exposition

#### IV.1.3 Indice de végétation (NDVI)

La carte de l'indice de risque lié à la végétation permet de cartographier le risque d'incendie dans la zone d'étude en fonction de l'indice de végétation (NDVI). Cela nous aide à identifier les zones où le risque est plus élevé en raison de la densité de végétation et de l'inflammabilité.

La figure 23 montre la répartition des cinq classes de risque dans la zone d'étude de la forêt domaniale de Taourirt Ighil en fonction de l'indice de végétation (NDVI). On observe que toutes les classes de risque sont présentes dans l'ensemble du périmètre, mais avec des proportions différentes.

La classe dominante est la classe "moyen", qui occupe une superficie près de 3042 hectares, soit 44% de la superficie totale de la forêt domaniale de Taourirt Ighil. Cette classe est suivie de près par la classe "élevé", qui occupe une superficie d'environ 2531 hectares, soit 36% de la superficie totale. Ensuite, la classe "très élevé" occupe une superficie d'environ 1073 hectares, soit 15% de la superficie totale.

Les classes "faible" et "très faible" représentent une superficie d'environ 321 hectares, soit 5% de la superficie totale de la zone d'étude.

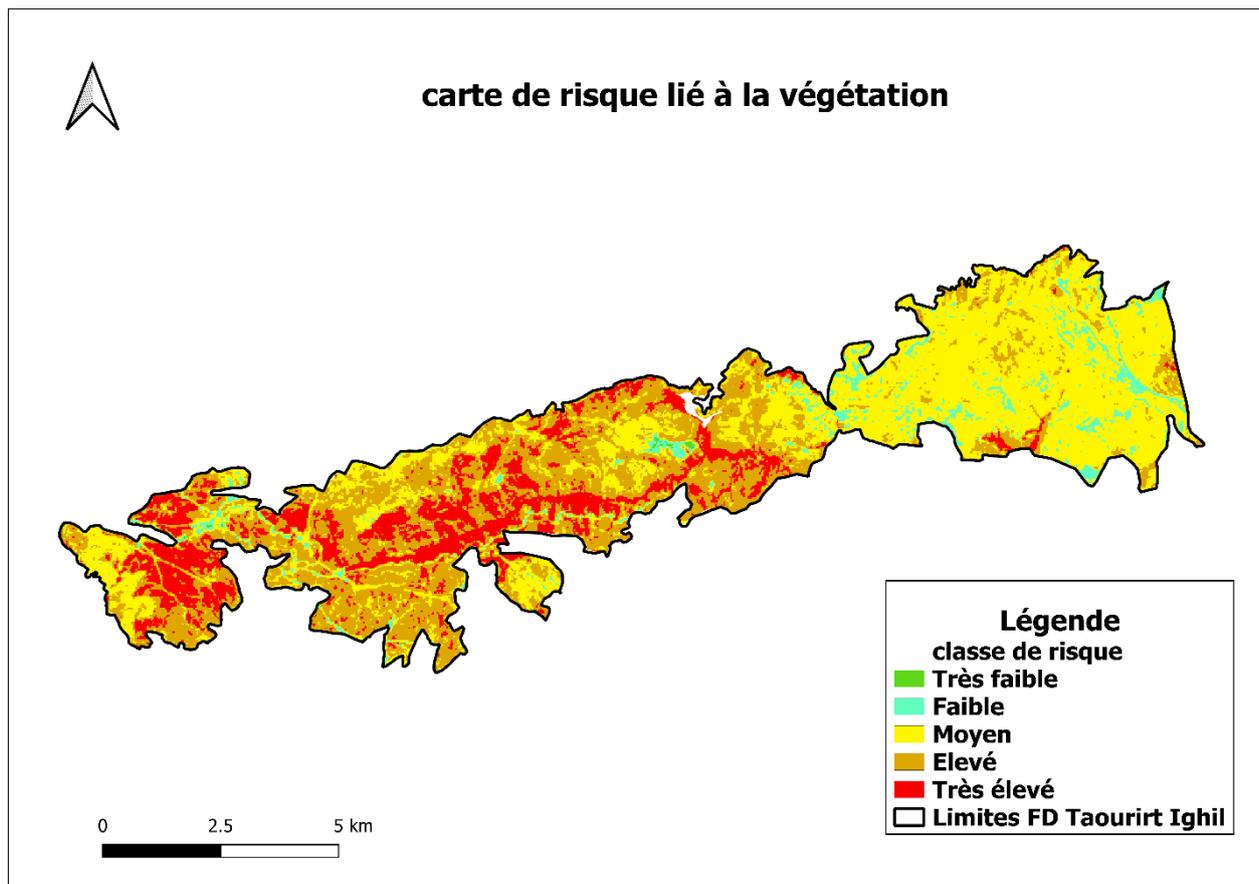


Figure 23 : carte de l'indice de risque lié à la végétation

#### IV. 1.4 Indice de risque global de déclenchement d'incendie

L'indice de risque global de déclenchement d'incendie est obtenu après le calcul global des trois indices précédents. Selon la carte présentée dans la figure (06), on peut observer que le risque de déclenchement d'incendie est généralement faible à moyen.

Les zones à risque faible représentent près de 47% de la superficie totale, soit 2944 hectares. Les zones à risque moyen occupent environ 2310 hectares, soit 36% de la superficie totale. Les classes de risque "élevé" et "très élevé" totalisent environ 440 hectares, soit près de 7% de la superficie totale. Enfin, les zones à risque très faible occupent environ 630 hectares, soit près de 10% de la superficie totale de la forêt de Taourirt Ighil.

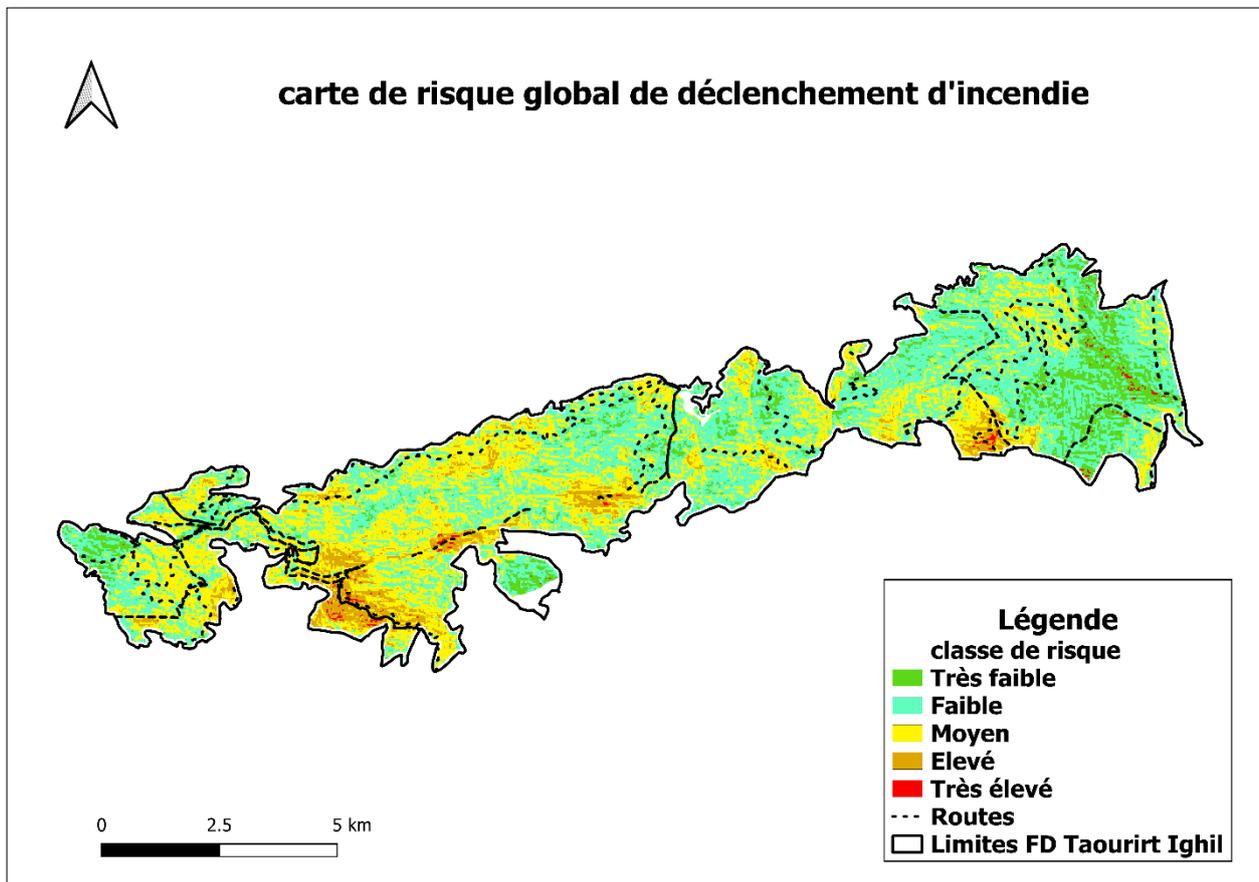


Figure 24 : carte de risque globale de la forêt domaniale de Taourirt Ighil

## IV. 2. Discussion des résultats

La méthode que nous avons opté a servi pour la réalisation de la carte de risque d'incendie au niveau de la forêt domaniale de Taourirt Ighil et l'identification des zones à risque, c'est une méthode valide pour les forêts méditerranéenne y compris les forêts algériennes. Cette étude peut attirer l'attention des gestionnaires de la conservation des forêts de la wilaya de Bejaia et même les gestionnaires de la wilaya, en fournissant une cartographie qui constitue une condition indispensable en sujet de protection prévention de incendies de

forêts. Également elle aide à mieux préciser les priorités d'entretien des infrastructures et d'implantation.

La superposition des cinq différentes cartes qu'on a réalisé à savoir : carte de risque lié à la végétation, carte de risque lié aux pentes, carte de risque lié à l'exposition, carte de risque à proximité des routes, carte de risque à proximité des habitations ; suivant le modèle mentionné, nous a permis d'obtenir une carte globale de risque d'incendie, cette carte nous renseigne sur les zones les plus susceptibles aux feux de forêts et donc celles qui sont prioritaires à protéger.

D'après la carte globale, les zones à risque élevé et très élevé de la forêt se trouvent principalement au centre, au Sud-Ouest et au Sud-Est.

Les incendies de forêt sont influencés par trois facteurs naturels : les conditions météorologiques, l'état de la végétation et le relief. Les vents forts assèchent les sols et les végétaux, ce qui facilite la dispersion des éléments incandescents pendant un incendie. La chaleur provoque le dessèchement des végétaux par évaporation et peut libérer des substances inflammables, favorisant ainsi la propagation des flammes. L'état de la végétation, notamment son niveau de sécheresse et les espèces présentes, joue un rôle crucial. Le relief contribue à la propagation du feu en permettant la dispersion des étincelles et en compliquant l'accès des équipes de lutte et de secours. Par ailleurs, l'interface entre les activités humaines et la végétation combustible est un facteur déclencheur des incendies de forêt (**Magnier C.,2011**).

Selon **Jappiot (2011)**, les zones où il y a une proximité entre les habitations et la forêt sont les plus touchées par les incendies. En effet, La proximité entre les habitations et la forêt peut considérablement augmenter le risque d'incendie de plusieurs manières. Tout d'abord, la présence humaine près des zones boisées crée une interface habitat-forêt où les activités humaines peuvent introduire des sources d'ignition, telles que les feux de camp, les barbecues ou les mégots de cigarettes. Ces sources d'ignition peuvent facilement allumer un incendie dans la forêt. De plus, la proximité des habitations favorise la propagation rapide des incendies. Lorsqu'un incendie se déclare dans la forêt, les flammes peuvent se propager rapidement vers les habitations voisines. Les maisons, les bâtiments et les infrastructures peuvent servir de combustibles supplémentaires tels que des débris végétaux ou des clôtures en bois autour des habitations, alimentant l'incendie et mettant en danger les habitations et leurs occupants.

En outre, la proximité entre les habitations et la forêt peut rendre l'accès difficile pour les services d'incendie et de secours. Les routes et les chemins d'accès peuvent être obstrués par la végétation dense, ce qui retarde l'arrivée des équipes de lutte contre l'incendie. De plus, l'afflux de personnes fuyant la zone peut encombrer les voies d'évacuation, entravant ainsi les efforts de sauvetage et de lutte contre l'incendie.

Selon l'étude réalisée par **Guerra et al., (2021)**, les municipalités densément peuplées et soumises à des températures élevées en été sont plus vulnérables aux incendies de forêt, tandis que les précipitations fréquentes réduisent le risque d'incendie. Dans le domaine de l'agriculture, les cultures annuelles et l'arboriculture réduisent le risque d'incendie, tandis que les terres agricoles hétérogènes, les pâturages et les oliviers augmentent le risque. L'interface entre la forêt et les zones urbaines favorise le nombre de départs de feu, mais limite leur propagation grâce à la concentration des ressources de lutte contre les incendies et à la protection des biens économiques. Les terres agricoles hétérogènes réduisent la propagation des incendies en agissant comme des zones tampons et en réduisant la quantité de biomasse combustible.

**Ager et al., (2019)** souligne que l'interface entre les zones sauvages et urbaines dans l'ouest des États-Unis est une préoccupation majeure en raison de l'augmentation des incendies de forêt. Cette zone à haut risque, appelée WUI, comprend des structures résidentielles ou commerciales situées près de la végétation sauvage. Pour évaluer l'exposition aux incendies de forêt dans la WUI, des facteurs tels que la proximité des structures par rapport aux combustibles sauvages et l'occurrence historique des incendies sont pris en compte. Les études antérieures ont principalement examiné les variables locales de la WUI, mais ont négligé l'impact du paysage environnant. Cette expansion de l'interface urbain-forêt a des effets en cascade sur l'exposition aux incendies, augmentant le risque d'allumage et de pertes potentielles.

Il est important de prendre en compte la distance par rapport au réseau routier et sa densité, car ils jouent un rôle crucial dans la propagation des incendies, comme souligné par **Taibi et al., (2020)**. L'analyse de la carte de risque à proximité des routes révèle une densité élevée du réseau routier, en particulier dans le centre et la partie orientale de la forêt. Les pistes forestières s'étendent sur 41,20 km, tandis que les routes nationales 12 et 38 parcourent respectivement 9,9 km et 3,8 km. Les chemins de la wilaya CW 34 et CW 174 totalisent 15 km.

La densité du réseau routier et l'accessibilité aux zones forestières sont des facteurs déterminants dans la propagation des incendies. Une densité élevée de routes et de chemins forestiers facilite l'accès des individus aux zones boisées, augmentant ainsi les risques d'incendie accidentel ou intentionnel. De plus, les routes peuvent servir de voies rapides de propagation des flammes, tandis que les étincelles générées par les véhicules peuvent allumer la végétation sèche à proximité et déclencher des incendies. Les difficultés d'accès pour les services d'incendie, en raison de routes étroites, sinueuses ou mal entretenues, peuvent également entraver leur intervention rapide. En cas d'évacuation, l'afflux de véhicules peut engorger les routes et compliquer les opérations de secours.

Il est intéressant de noter que les zones à risque élevé sur la carte de proximité aux routes et sur la carte de proximité aux habitations sont identiques. Cela indique une corrélation entre la densité du réseau routier et la présence humaine, expliquant pourquoi ces zones présentent un niveau de risque plus élevé. La proximité des routes facilite l'accès aux habitations et aux zones boisées, augmentant ainsi les risques d'incendie.

Un autre paramètre qui est la pente du terrain joue un rôle important dans la propagation des incendies de forêt. Selon les recherches menées par **Carrega (2008)**, la stratification verticale de la biomasse combinée à la valeur de la pente peut influencer la propagation des feux. Les résultats de l'analyse de la carte de risque liée aux pentes révèlent que la classe de risque dominante en fonction des pentes est la classe "moyen", couvrant 55% de la superficie totale de la zone d'étude. Cela indique que la majorité des pentes dans cette zone présentent un niveau de risque moyen en termes de propagation des incendies. En revanche, la classe de risque "élevé" correspondant aux pentes de 25-35% représente 17% de la superficie totale. Cela signifie qu'une partie significative de la zone d'étude présente un niveau de risque plus élevé en ce qui concerne la propagation des incendies. Les pentes raides peuvent favoriser l'intensité du feu en permettant une plus grande quantité d'oxygène et une propagation plus rapide vers le haut de la pente. Des études antérieures menées par **Taibi et al., (2020)**, **Faour, (2006)** et **Versson et al., (2002)** ont également confirmé que les incendies se propagent plus rapidement sur des pentes raides. Cela est dû à la modification de l'inclinaison relative des flammes par rapport au sol, favorisant les transferts thermiques lors de la propagation ascendante des flammes. Ainsi, il est constaté que la zone d'étude présente un niveau de risque allant de moyen à élevé selon cet indice.

L'exposition des versants joue effectivement un rôle important dans la propagation des feux. Les études menées par **Santoni et al., (2018)** et **Baazi et al., (2022)** confirment que les versants exposés au sud reçoivent une plus grande quantité d'énergie solaire par rapport aux versants orientés vers le nord. Les résultats de notre étude révèlent également que l'exposition au sud présente le risque le plus élevé, avec une proportion de 29%. Cette exposition solaire accrue a un impact sur la température et l'humidité de l'air, ce qui affecte directement la végétation. La végétation située au sud est généralement moins humide et plus sèche, ce qui la rend plus vulnérable aux feux par rapport à celle située au nord. La sécheresse accrue de la végétation la rend plus inflammable et facilite la propagation des flammes. Dans notre cas la moitié forêt domaniale de Taourirt Ighil est exposé au sud et au ouest, présentant les conditions favorables des inflammations et des propagations des feux ce qui explique le risque élevé des incendies pour cet indice.

La végétation joue un rôle crucial dans les incendies de forêt, car elle peut augmenter le risque d'incendie de différentes manières. Tout d'abord, certaines espèces végétales présentent une plus grande inflammabilité en raison de leurs caractéristiques physiques et chimiques. Des plantes riches en résines, en huiles ou en composés volatils peuvent s'enflammer plus facilement et propager rapidement le feu. De plus, la siccité des tissus végétaux, causée par le manque d'humidité, rend la végétation plus facilement inflammable. Lorsque les plantes sont sèches, elles brûlent plus rapidement et le feu se propage plus facilement. L'accumulation de biomasse, telle que des herbes, des feuilles mortes ou des branches, crée également un combustible abondant pour l'incendie. En cas de densité élevée de végétation, les flammes peuvent se propager rapidement d'une plante à l'autre, facilitant ainsi la propagation du feu sur de grandes distances **Versson et al., (2002)**. Il est intéressant de noter que dans la Forêt Domaniale de Taourirt Ighil, le chêne-liège est l'espèce dominante, avec des peuplements mélangés de chêne zeen, selon **Valette (1990)** Le chêne-liège est considéré comme ayant un degré d'inflammabilité faible à moyen.

En ce qui concerne la propagation du feu, plusieurs paramètres entrent en jeu, tels que la biomasse et sa densité, ainsi que la strate herbacée combinée avec le sous-bois. Dans ce contexte, l'herbe peut servir de vecteur pour transmettre le feu aux arbustes, qui à leur tour peuvent le propager aux arbres (**Carrega,2008**). Dans la Forêt Domaniale de Taourirt Ighil, la strate arbustive est principalement composée de phylère (*Phillyrea angustifolia*), de ciste

(*Cistus monspelliensis*), de calycotome (*Calycotome spinosa*) et de lentisque (*Pistacia lentiscus*), qui ont une inflammabilité élevée. En combinaison avec la densité importante du chêne-liège, cela crée un risque élevé en termes d'inflammabilité. En se référant à la carte de risque liée à la végétation, on constate que la densité de la couverture végétale est clairement remarquable dans l'ensemble de la superficie de la forêt, ce qui explique ce risque élevé d'incendie.

En général, la forêt domaniale de Taourirt Ighil présente un risque moyen à élevé d'incendies de forêt. La densité de la couverture végétale, l'inclinaison élevée des pentes et l'exposition au sud sont les principaux indices de risque, en plus de la présence humaine et de la densité du réseau routier. Ces facteurs favorisent les conditions propices au déclenchement et à la propagation des incendies.

L'analyse de la carte confirme clairement ce degré de risque, en particulier au centre et dans la partie sud-ouest de la forêt, où la densité de la couverture végétale et la présence humaine sont élevées. En revanche, la partie orientale présente un risque plus faible en raison de la faible densité de la couverture végétale.

# *Conclusion générale*

### Conclusion générale

Notre étude met en évidence l'importance de la cartographie des risques d'incendie et de l'utilisation des SIG et de la télédétection dans ce domaine. Ces outils permettent une meilleure compréhension des facteurs de risque et aident à prendre des décisions éclairées en matière de gestion des incendies de forêt.

Grâce à ces outils, nous avons pu identifier les facteurs de risque tels que la couverture végétale, l'interface habitat-forêts, les pentes raides et l'exposition au versant sud. En utilisant le modèle Turque, nous avons pu pondérer ces facteurs et calculer un indice de risque global.

Selon l'analyse des indices de risque dans la forêt de Taourirt Ighil, il est constaté que le risque global de déclenchement d'incendie est généralement faible à moyen. L'indice de végétation (NDVI) montre une prédominance des classes de risque moyen, élevé et très élevé, représentant respectivement 44%, 36% et 15% de la superficie totale. Les risques liés aux pentes et à l'exposition révèlent également des proportions similaires, avec une prédominance des classes de risque moyen et élevé. En ce qui concerne la proximité des routes et les habitations la classe de risque très faible est la plus prédominante, couvrant respectivement 79% et 49% de la superficie totale. Ces évaluations fournissent des informations précieuses pour orienter les mesures de prévention et de gestion des incendies dans la forêt de Taourirt Ighil.

Il est important de noter que 36% de la superficie de la forêt présente un risque moyen, tandis que seulement 7% présente un risque élevé. Cependant, il est essentiel de prendre en compte ces zones à risque élevé pour une gestion proactive et une protection adéquate de la forêt.

Les résultats obtenus ont permis de visualiser et de comprendre la répartition spatiale du risque d'incendie dans la forêt de Taourirt Ighil. La carte de risque de déclenchement d'incendie identifie clairement les zones présentant un risque élevé, moyen et faible. Ces informations peuvent être utilisées comme outil de planification et de gestion des incendies. En utilisant la carte de risque de déclenchement d'incendie, les autorités responsables peuvent prendre des mesures préventives pour réduire le risque dans les zones identifiées comme présentant un risque élevé. Cela peut inclure la création de zones coupe-feu, la sensibilisation

des populations locales aux pratiques de prévention des incendies et la mise en place de mesures de sécurité pour les habitations.

Il est important de noter que la cartographie du risque d'incendie est un processus dynamique qui doit être régulièrement mis à jour pour tenir compte des changements environnementaux et des infrastructures.

Il est recommandé de continuer à surveiller et à évaluer le risque d'incendie dans la forêt de Taourirt Ighil afin de maintenir une gestion proactive des incendies. La carte de risque de déclenchement d'incendie pour la forêt de Taourirt Ighil fournit des informations précieuses pour la planification et la gestion des incendies. Elle aide à identifier les zones à risque élevé et à prendre des mesures préventives pour réduire ce risque. Cependant, il est important de maintenir une surveillance régulière et de mettre à jour la carte pour assurer une gestion efficace des incendies de forêt.

# *Bibliographie*

## Liste des références :

- AITECHE T., (2016).** Evolution selon le relief de la recolonisation après incendie d'une communauté à *Pinus Halepensis* par les cistes et les légumineuses et propositions de restauration contre l'érosion hydrique. Pour l'obtention du diplôme de Magister. Université Abderrahmane MIRA de Bejaia,83p.
- AGER A. A., PALAIOLOGOU P., EVERS C. R., DAY M. A., RINGO C. AND SHOR K., (2019).** Wildfire exposure to the wildland urban interface in the western US. 019 published by Elsevier. This manuscript is made available under the Elsevier user license. <https://www.elsevier.com/open-access/userlicense/1.0/> 44p.
- ALEXANDRIAN D., ESNAULT F. et CALABRI G., (1998).** Forêt dans la région méditerranéenne, Unasyuva - No. 197 - La Forêt Méditerranéenne.
- ARFA A.M.T., (2019).** Application du SIG et de la télédétection pour un outil cartographique D'aide à la gestion des Feux de forêts dans la wilaya d'El Tarf. Thèse de doctorat en Ecologie et Environnement. Université Mentouri Constantine, Algérie 230p.
- BAAZI H., LABCHAA. B., NAILI.M., DRIFI.N., (2022).** Cartographie du risque feu de forêt dans le Nord algérien : cas de la forêt d'Akfadou Est (W. de Bejaia) - ©*Algeria Geomatics Innovation Journal*.
- BAGNOULS F., GAUSSEN H., (1953).** Saison sèche et indice xérothermique. Bull. Hist. Nat. Toulouse.,88(3-4), 184-239
- BELKAID H., (2016).** Analyse spatiale et environnementale du risque d'incendie de forêt en Algérie cas de la Kabylie maritime. Universitaire de Nice - Sophia Antipolis 305p.
- BEN-SAID M., GHALLAB A., BERRAD F., AOUADI A., ASRAOUI F., EL ALAMI EL MOUTAOUAKIL M., (2022).** Caractérisation d'un périmètre de reboisement de pinède en vue de proposition des essences les plus appropriées, cas du Jbel Zemzem (Nord-ouest, Maroc). Revue Nature et Technologie Volume 14, Numéro 2, Pages 42-60 2022-06-30. <https://www.researchgate.net/>.
- BENDER., (1993).** Etude d'aménagement des forêts de Bouhatem et Taourirt Ighil. Bureau national des études forestières. Wilaya de bejaia. Phase II : étude de milieu.
- BENJAMAA M.E.H., ABDELMOULAK., (2004).** Les feux de forêts dans la subéraie Tunisienne. Colloque 2004 : » le chêne liège face au feu ». 11 p.

- CARREGA P., (2008).** Le risque d'incendie de forêt en région méditerranéenne : compréhension et évolution. Université de Nice/UMR Espace/CNRS, Montpellier, France.
- CFB., (2023) :** PLAN DE GESTION SIMPLIFIE SERIE I DE LA FORET DOMANIALE DE TAOURIRT IGHIL. Date de consultation 2023.17p.
- DIMITRAKOPOULOS A.P., MITSOPOULOS., (2006).** Fire Management Working Papers, Global Forest Resources Assessment 2005 - Report on fires in the Mediterranean Region. Working Paper FM/8/E FAO, Rome, Italy. 43 p.
- DGF., (2013).** Risque incendies de forêt en méditerranée (expérience algérienne) - cours international sur la gestion des risques climatiques, Biskra 03 – 07 novembre 2013.
- DGF., (2021).** Les incendies de forêts en Algérie rétrospective, mesures de riposte et perspectives-Me. Ilham Kabouya Loucif, Directrice de la Protection de la Flore et de la Faune.03/10/2021.
- EBERLEC., HIGUERA ROA. O., 2022.** Technical report Mediterranean wildfires; 18p.
- ERTEN E, KURGUN V et MUSAOGLU N., 2004.** Forest fire risk zone mapping from satellite imagery and GIS a case study. Inst. Infor, Maslak Istanbul, Turkey, 7p.
- FAO., (2006).** Fire management - global assessment 2006.FAO forestry paper,151.156 p.
- FAO., (2007).** Situation des forêts du monde 2007. Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture.Rome.143 p.
- FAO., (2013).** Etat des forêts méditerranéennes 2013- ; E-ISBN 978-92-5-207538-7 © FAO 2013, 207p.
- FAOUR G., BOUKHEI R et DARWISH A., (2006).** Méthode globale d'évaluation du risque d'incendie de forêt utilisant la télédétection et le SIG : Cas de Liban. Centre de télédétection, BP. 11. 8281, *Bejrout, Liban. Vol. 5, n° 4*, pp : 359-377.
- GUERRA F., CLAUDE N., PAOLI J. C. ET MOULERY M., (2021).** « L'impact de l'agriculture sur les incendies de forêt et leur propagation dans les régions méditerranéennes françaises », *Cahiers de la Méditerranée* [En ligne], 102 | 2021, mis en ligne le 01 décembre 2021, consulté le 03 septembre 2023. URL: <http://journals.openedition.org/cdlm/14660>; DOI: <https://doi.org/10.4000/cdlm.14660>
- LAMPINC., JAPPIOT.M., FERRIERJ.P., (2011).** Modélisation du risque d'incendie de forêt dans les interfaces habitats-forêts. Sciences Eaux & Territoires, 2011, Hors-série 2011, 12 p. (10.14758/SET-REVUE.2011.HS.03). (hal-00652743).

- Le HOUEROU H.N., (1987).** Vegetation wildfires in the mediterranean basin: evolution and trends - Ecología mediterranea: tome XIII (fascicule 4), 12 p.
- MAGNIER C., (2011).** Le risque de feux de forêts en France. Commissariat général au développement durable • Service de l'observation et des statistiques. Études & documents :n°45.40P.
- MEDD., (2002).** 'Ministre de l'Ecologie et du développement durable' : « Les feux de forêt : risques naturels majeurs », dossier d'information, France.20p
- MEDDOUR-SAHAR O., MEDDOUR R. et AREZKI D., (2008).** Analyse des feux de forêts en Algérie sur le temps long (1876-2007). *CIHEAM*, N°39 : 6p.
- RAHMANI S., (2022).** Étude et cartographie du risque des incendies de forêts dans la région des Aurès à l'Aide des données géomatique- pour l'obtention du diplôme doctorat. Université Mustapha Ben Boulaid Batna02. 91p.
- SANTONI. P., PORTERIE. B., et MORVAN. D., (2018).** Approches expérimentales et de modélisation pour la compréhension du comportement et de l'impact des incendies de végétation, chapitre 6 indice de végétation - ESIA – Ecole des Sciences de l'Incendie et Applications – Obernai, 27 mai au 1er juin 2018. 45p.
- SMAIL M., (2012).** Apport du SIG à l'évaluation du risque d'incendie de forêts : Cas de Parc National de Gouraya, (W. Bejaia). pour l'obtention du diplôme ingénieur. Ecole national supérieur d'agronomie El-Harrach, Alger. 68p.
- SELTZER P., (1946).** Le climat de l'Algérie. Inst. Météo. Et de Phys. Du globe. Univ. Alger, 219 p.
- TAIBIB-E., DRIDI H., ET BOUHATA R., (2020).** Cartographie de la susceptibilité des incendies de forêt à l'aide de données de télédétection, des analyses SIG et AHP (étude de cas de Souhan, Algérie). *International Journal of Innovation and Applied Studies International Journal of Innovation and Applied Studies.*:28 pp 885-894.
- VALETTEJ.C., (1990).** Inflammabilités des espèces forestières méditerranéennes. Conséquences sur la combustibilité des formations forestière-. *Revue forestière française*, 1990, 42 (S), pp.76-92. <10.4267/2042/26171>. <hal-03425168>.
- VESSERON P., DELARUE F., ROSENBERG P-E., et SAPPIN M., (2002).** plan de prévention des risques naturels, risque d'incendies de forêts. Ed. Documentation française, PARIS.

**VLACHOGIANNIT., VOGRIN.M., SCOULLOS.M., (2012).** Biodiversité dans la région méditerranéenne- © MIO-ECSDE 2012, 11p.

**ZAIDANE A-J. (2022).** Le bassin méditerranéen s'enflamme...! – Maghreb Canada Express (maroc-canada.ca). Tanger (Maroc) pour Maghreb Canada Express, *Vol. XX, N°08*, pages 6 et 7.

**Sites web:**

**ANONYME 01, (2013):** <https://www.dcwbejaia.dz/index.php/wil06/monographie>

Les feux de forêts de mois d'août dans la région méditerranéenne :

<https://firms.modaps.eosdis.nasa.gov/>

Données de incendies en Algérie 2008-2019 :<https://fr.tutiempo.net/climat/ws-604020.html>

**Etablissement :** Conservation des Forêts de la wilaya de Bejaia.

### Résumé

La forêt de Taourirt Ighil, située dans la wilaya de Bejaia en Algérie, revêt une importance particulière en raison de sa biodiversité et des services écosystémiques qu'elle offre. Cependant, les incendies récurrents menacent la conservation de cette forêt ainsi que la sécurité des populations locales.

Cette étude vise à évaluer le risque d'incendie dans la forêt domaniale de Taourirt Ighil en utilisant un modèle qui prend en compte les caractéristiques du milieu, telles que la végétation, la pente, l'exposition, la proximité des routes et des habitations.

Les résultats montrent que 57% de la forêt présente un risque faible, 36% un risque moyen et 7% un risque élevé. Ces résultats peuvent être utilisés par gestionnaires de la conservation des forêts prévenir et lutter contre les incendies de forêt. Ils peuvent également aider les gestionnaires du projet national de réhabilitation du chêne-liège à prendre des décisions éclairées.

**Mots clés :** incendies de forêt, indice de risque, SIG, cartographie, Forêt domaniale de Taourirt Ighil,

### Abstract

The Taourirt Ighil forest, located in the wilaya of Bejaia in Algeria, is of particular importance for its biodiversity and ecosystem services. However, recurrent fires threaten the conservation of this forest as well as the safety of local populations.

This study aims to assess the fire risk in the Taourirt Ighil state forest using a model that takes into account environmental characteristics such as vegetation, slope, exposure, proximity to roads and dwellings.

The results show that 57% of the forest is at low risk, 36% at medium risk and 7% at high risk.

These results can be used by forest conservation managers to prevent and fight forest fires. They can also help managers of the national cork oak rehabilitation project to make informed decisions

**Key words:** forest fires, risk index, GIS, cartography, Taourirt Ighil state forest.

### الملخص:

تكتسي غابة تاوريرت إغيل، الواقعة في ولاية بجاية في الجزائر، أهمية خاصة بسبب تنوعها البيولوجي وخدمات النظام الإيكولوجي التي تقدمها. ومع ذلك، فإن الحرائق المتكررة تهدد الحفاظ على هذه الغابة وكذلك سلامة السكان المحليين.

تهدف هذه الدراسة إلى تقييم مخاطر الحريق في غابة ولاية تاوريرت إغيل باستخدام نموذج يأخذ في الاعتبار خصائص البيئة، مثل الغطاء النباتي والمنحدر والتعرض وقرب الطرق والمنازل.

تظهر النتائج أن 57% من الغابات تمثل مخاطر منخفضة، و36% مخاطر متوسطة و7% مخاطر عالية.

يمكن استخدام هذه النتائج من قبل مديري محافظة الغابات لمنع ومكافحة حرائق الغابات. يمكنهم أيضاً مساعدة مديري المشروع الوطني لإعادة تأهيل بلوط الفلين على اتخاذ قرارات مستنيرة.

لكلمات الرئيسية: حرائق الغابات، مؤشر المخاطر، نظم المعلومات الجغرافية، رسم الخرائط، غابة تاوريرت إغيل الوطنية.

# *Annexes*

Répartition précipitations moyennes mensuelles de Bejaia (1987-2022)

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Totale
Précipitation	108.60	86.66	77.27	67.79	41.23	16.62	5.45	8.90	60.96	64.72	105.97	116.29	760.46

**Corrections des précipitations.**

Selon Seltzer, il existe une relation linéaire entre la pluviométrie et l'altitude, cette relation montre que pour une élévation de 100 mètres, les pluies augmentent de 40 mm dans les zones continentales.

correction pour le point haut :

La différence altitudinale maximale entre le point haut de la zone d'étude (1087 m) et la station de référence (2m) est de 1085 mètres

La différence de la hauteur de la pluviométrie entre les deux points est ainsi déduite :  $\frac{1085 \times 40}{100} = 434$

donc la pluviométrie au niveau du point haut sera :

$$760.46 + 434 = 1194,46$$

correction pour le point bas

La différence altitudinale minimale entre le point bas et la station de Bejaia est de 366 m, la différence de la hauteur de pluie entre les deux points se calcule ainsi :  $\frac{366 \times 40}{100} = 146.40$

la pluviométrie annuelle de point bas devienne :  $760.46 + 146,4 = 906.86\text{mm}$ .

- La valeur du facteur d'ajustement du point haut est de :  
 $1194.46 / 760.46 = 1,57$
- La valeur du facteur d'ajustement de la pluviométrie du point bas est de :  
 $906.86 / 760.46 = 1,19$