

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université A. MIRA-BEJAIA



Faculté : Sciences de la Nature et de la Vie
Département : Sciences Biologiques de l'Environnement
Laboratoire d'Ecologie et Environnement

THÈSE

Présentée par

Aissa AINI

Pour l'obtention du grade de

DOCTEUR EN SCIENCES

Filière : Biologie

Option : Ecologie et Environnement

Thème

**Etude de la vulnérabilité aux incendies des habitats naturels dans
le bassin côtier de Bejaia.**

Soutenue le : 13 Janvier 2021

Devant le Jury composé de :

Nom et Prénom

Grade

Mr. SIDI Hachemi	MCA	Univ. de Bejaia	Président
Mr. BEKDOUCHE Farid	MCA	Univ. de Batna 2	Rapporteur
Mr. MAYACHE Boualem	Professeur	Univ. de Jijel	Examineur
Mr. BOUGAHAM Abdelaziz Franck	MCA	Univ. de Bejaia	Examineur

Année universitaire : 2019/2020.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à ma chère épouse Nassima qui m'a encouragé et soutenu tout au long de mes études, à mes deux petits anges Céline Soraya et Adem.

Je ne manquerai pas aussi de le dédier à mes chers parents et beaux-parents et à toute ma famille.

REMERCIEMENTS

J'offre ma profonde obéissance à tout-puissant pour la motivation spirituelle et inspirante pendant la période de travail de recherche. Je suis très reconnaissant à mes parents et ma femme aimants et à leurs encouragements constants et à leurs bénédictions sincères qui m'aident à terminer ce manuscrit.

Je souhaite exprimer ma gratitude à mon Directeur de thèse, Dr Farid BEKDOUCHE, pour son soutien extrême, sa vision profonde et ses conseils depuis le début de mes recherches. Il a été toujours à mes côtés dans les moments difficiles et m'inspire de son expérience. Ce que j'ai appris de lui, c'était non seulement comment aborder une recherche mais aussi comment conceptualiser, planifier, exécuter et analyser mes tâches.

Je suis très honoré que Monsieur SIDI Hachemi, Maître de Conférences (A) à l'Université de Bejaia, ai bien voulu porter son attention bienveillante à ce travail en acceptant de présider le jury. Qu'il soit assuré de mes sincères remerciements.

J'exprime mes vifs remerciements à Monsieur MAYACHE Boualem, Professeur à l'Université de Jijel, Monsieur BOUGAHAM Abdelaziz Franck, Maître de Conférences (A) à l'Université de Bejaia, qui ont accepté de juger ce travail. Je tiens à leur exprimer ici toute ma reconnaissance.

Je suis profondément reconnaissant à Thomas CURT, Directeur de recherche au sein de l'INRAE, mon co-encadreur, pour ses conseils avisés, sa patience et ses efforts intemporels, son soutien moral et ses encouragements constants tout au long de cette étude. Je le remercie pour son accueil au sein de l'UMR RECOVER.

Je tiens à exprimer ma sincère gratitude au Directeur de l'UMR RECOVER Mr Eric MARTIN pour avoir fourni toutes les installations nécessaires et de m'avoir accepté comme chercheur scientifique au sein de son établissement pendant mon travail de recherche.

Je suis très redevable à Mme Marielle JAPPIOT, responsable à l'INRAE pour son soutien académique et leur facilitation pendant toute la période de recherche. Merci également au personnel de l'INRAE –Aix-en –Provence.

Je tiens à exprimer ma sincère gratitude à toute l'équipe de la conservation des forêts de la wilaya de Bejaia, chefs de divisions pour avoir fourni tout le soutien, les données nécessaires et les suggestions précieuses au cours de mes travaux de recherche.

J'adresse mes sincères remerciements à toutes et à tous ceux qui se sont impliqués directement et indirectement pour la fin de mon doctorat.

TABLE DES MATIERES

Introduction générale.....	9
A) Problématique et hypothèses de travail	11
B) Objectifs	12
1.1 Importance des incendies.....	14
1.1.1 A l'échelle mondiale	14
1.1.2 A l'échelle de la Méditerranée	18
1.2. Les incendies de forêt en Algérie	23
1.2.1 La couverture forestière	23
1.2.2 Evolution des incendies en Algérie.....	23
1.2.3 La fréquence des feux et des surfaces incendiées	27
1.2.4 Les causes des incendies de forêt en Algérie	28
Conclusion.....	34
Chapitre II : Eléments généraux de la zone d'étude.	35
2.1 Situation géographique du terrain d'étude.....	36
2.2. Caractéristiques du milieu physique.....	37
2.2.1. Caractéristiques générales du relief.....	37
2.2.2- Géologie des Babors	38
2.2.3. Stratigraphie	39
2.2.4. Tectonique.....	46
2.2.5. Hydrologie et hydrogéologie.....	47
2.3.1.Géologie Djurdjura.....	49
2.3.2. Stratigraphie.....	49
2.4 Caractérisation bioclimatique de la région de Bejaia	57
2.5. Végétation et occupation des sols	61
Chapitre III. Méthodologie, utilisation des différents logiciels pour la mise en place d'un S.I.G et traitements statistiques.....	81
3.1 Matériels et méthodes.....	82
3.2 Acquisition et description des données	83
3.2.1 Donnée MODIS Hotspots et zones brûlées.....	84
3.2.2 Données sur la végétation et l'utilisation des terres.....	85
3.2.3 Données bioclimatiques et indices de danger d'incendie	88
3.2.4 Caractéristiques topographiques	90

3.2.5 Données anthropiques et impact sur les inflammations	92
3.3.1 Systèmes d'informations géographiques (SIG) et cartographie	94
3.3.2 Analyse statistiques des données recueillies	95
a) Analyse des données statistiques des incendies du point de vu fréquence et ampleur durant la période 2001-2015.	95
b) Analyses statistiques (ACP, ANOVA)	95
Chapitre IV : Modélisation de l'aléa incendie des habitats naturels dans la région de Bejaia.	97
4.1 Préparation et validation des jeux de données feux.....	98
4.2 Modélisation du risque d'incendie	99
4.3 Résultats	102
4.3.1 Caractéristiques du régime de feu	102
4.3.2 Le modèle de risque d'incendie	106
4.3.3 L'analyse des grappes paysagères	109
4.4 Discussion.....	112
4.4.1 Les caractéristiques du régime des incendies dans la côte algérienne	112
4.4.2 Les conducteurs des incendies et des zones brûlées.....	114
4.4.3 Régionalisation à Bejaia.....	115
4.4.4 Limitation des incendies: le rôle du bioclimat et des combustibles	116
4.4.5 Changements à long terme et changements possibles du risque d'incendie.....	117
4.4.6 Implications pour la prévention, la suppression et la gestion à long terme des forêts / territoires.	119
Conclusion.....	120
ANNEXE.....	132

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Les terres et les forêts ont brûlé dans le monde, 2003-2012.....	16
Tableau 2: Distribution des surfaces forestières brûlées en Méditerranée (2008-2018). ..	18
Tableau 3: Aperçu du nombre d'incendies et de zones incendiées en régions méditerranéennes entre 2008- 2017 (EFFIS 2018).	21
Tableau 4: variation des surfaces brûlées en Algérie (1881-2014).	27
Tableau 5: Les superficies incendiées en Algérie en 2005, 2006 et 2013.	28
Tableau 7: bilan des incendies de forêt dans la wilaya de Bejaia (1985-2016).....	32
Tableau 8: Caractéristiques climatiques des différentes localités de la région de Bejaia.....	59
Tableau 9: Répartition des forêts de type T2 dans le massif côtier ouest de Bejaia.....	67
Tableau 10 : Répartition des forêts de type T2 dans le massif côtier Est de Bejaia.	74
Tableau 11: Répartition des forêts domaniales et de type T2 dans les versants Ouest de la Soummam.	76
Tableau 12: Répartition des forêts domaniales et de type T2 dans les monts de Seddouk.	77
Tableau 13: Répartition des forêts domaniales et de type T2 dans les monts de Ighil Ali.	79
Tableau 14: Résumé des produits MODIS pour les incendies actifs, les zones brûlées et les produits des indices de végétation.	85
Tableau 15: Description des variables environnementales et anthropiques utilisées dans la procédure de modélisation des données.	93
Tableau 16: Prévalence de différents types de couverture terrestre pour les incendies ou les grands incendies dans la région de Bejaia.	103
Tableau 17: Caractéristiques des sous-régions des unités de paysage et activité des incendies.	119

LISTE DES FIGURES

Figure 1:Répartition mondiale des feux pour la période allant du 01/08/2012 au 31/08/2012 (Fire Information for Resource Management System). 15

Figure 3:Localisation de la zone d'étude. Données d'élévation de la mission de topographie radar à navette. 36

Figure 4:Les grands ensembles géomorphologiques dans la zone d'étude. (Belhai 2014). 38

Figure 5: Ensembles géologiques de la zone d'étude (WILDI 1983). 46

Figure 6: Positions de quelques localités de la région de Bejaia sur le climagramme d'Emberger extrait de Long (1974). 60

Figure 7:carte des zones homogène de la wilaya de Bejaia (B.N.E.D.E.R ; 2008) 62

Figure 8:Classes d'occupation des sols (B.N.E.D.E.R.2008)..... 87

Figure 9: Emplacement des points chauds d'incendie MODIS (points rouges) et densité du noyau (la densité maximale est en bleu foncé) dans la région de Bejaia (nord de l'Algérie). NBF = nombre de feux enregistrés entre 2001 et 2015. 87

Figure 10:C. Zone bioclimatique. D. Pluviométrie, numérisée à partir de la carte des précipitations pour le nord de l'Algérie (ANRH, Agence Nationale des Ressources Hydriques, 1993)..... 89

Figure 11. e : Angle de pente, f : Aspect de pente (dérivé du DEM ASTER GDEM version 2). 91

Figure 12:Organigramme de la méthodologie globale utilisée pour identifier les risques d'incendie dans la région de Bejaia. 98

Figure 13:Analyse en composantes principales (ACP) des principales variables environnementales et anthropiques à Bejaia.(bâti, route, exposition, altitude, pente ; bioclimat, occupation des sols et NDVI été)..... 101

Figure 14:Nombre mensuel d'incendies et superficie brûlée (ha) dans la région de Bejaia pour la période 2001-2015, selon les données d'incendie MODIS. Les barres verticales pour le nombre de feux correspondent à l'erreur standard. BA est la zone brûlée et NBF est le nombre d'incendies 104

Figure 15:Nombre annuel d'incendies et de surfaces brûlées (ha) dans la région de Bejaia pour la période 2001-2015, selon les données d'incendie MODIS. BA est la zone brûlée et NBF est le nombre d'incendies. 104

Figure 16:Test d'analyse de variance sur les paramètres météorologiques pour les pixels non feu et les pixels feu dans la région de Bejaia. T2M est la température moyenne (° C), PRECTOT est la pluie (mm) et RH2M est l'humidité moyenne de l'air (%). Les valeurs de p des tests de Wilcoxon inférieurs à 0,05 indiquent une différence statistiquement

significative entre le feu et le non-feu.....	105
Figure 17: Répartition de la distance (en mètres) entre tous les points chauds d'incendie MODIS et la maison la plus proche dans la région de Bejaia. Le tiret indique le modèle le mieux ajusté.	108
Figure 18: Répartition de la distance (en mètres) de tous les points chauds d'incendie MODIS à la route la plus proche dans la région de Bejaia. Le tiret indique le modèle le mieux ajusté.	108
Figure 19: Répartition des parcelles de taille des maisons selon les principaux types de couverture terrestre à Bejaia. Notez l'axe x transformé en log.	110
Figure 20: Résultats du modèle de régression boostée (BRT) pour l'activité du feu à Bejaia. Les valeurs de fonction ajustées supérieures à zéro indiquent pour chaque variable un effet positif et les valeurs inférieures à zéro indiquent un effet négatif.	110
Figure 21: Activité du feu prédite par le modèle BRT dans la région de Bejaia. Les pixels bleu foncé correspondent à un nombre de feu extrêmement faible et les pixels rouge foncé correspondent à une activité extrêmement élevée.....	111
Figure 22: Analyse de la variance du nombre de points chauds d'incendie en fonction du bioclimat.....	113
Figure 23: Densité de noyau des valeurs d'été NDVI (indice de végétation par différence normalisée) dans la région de Bejaia pour les principaux types de couverture terrestre..	115
Figure 24: Densité du NDVI et précipitations pour les principaux types d'occupation des sols.	116
Figure 25: Carte du nombre de feux (NBF) et des valeurs estivales NDVI (indice de végétation par différence normalisée) dans la région de Bejaia.	118.

INTRODUCTION GENERALE

Le bassin méditerranéen est un foyer d'incendies de forêts avec une longue histoire de feu (Hantson et al. 2015). En effet, il est une zone de convergence de nombreux facteurs propices à l'incendie, notamment un climat chaud et sec, une densité humaine élevée et ancienne qui utilise souvent le feu comme outil de culture, de pastoralisme ou pour de nombreuses autres raisons (Meddour-Sahar et al., 2013; González-Olabarria et al., 2015), ainsi que la présence et l'accumulation de divers combustibles végétaux inflammables (Keeley et al., 2012). Toutefois, la rive sud du bassin méditerranéen (le Maghreb comprenant l'Algérie, le Maroc et la Tunisie) a été beaucoup moins étudié que la rive nord, qui comprend des zones de feu importantes et connues (le Portugal, l'Espagne, la Grèce ou l'Italie). Il est donc important d'évaluer les caractéristiques et les facteurs déterminants du régime des feux de la rive sud du bassin méditerranéen, qui peuvent différer de ceux de la rive nord.

Dans l'ensemble, le régime des feux au sein du bassin méditerranéen résulte d'interactions complexes entre de nombreux facteurs environnementaux et socioéconomiques (Chergui et al., 2017). Au nord, les facteurs socioéconomiques ont joué un rôle considérable dans l'évolution du régime des feux au cours des dernières décennies (Moreira et al., 2011; Curt et al., 2016; Viedma et al., 2018). En particulier, la pression humaine croissante et l'étalement urbain ont accru l'activité des incendies dans de nombreux endroits, (Turco et al., 2016) et que les changements climatiques en cours favorisent des incendies plus importants (Ruffault et al., 2017; Turco et al., 2018). En raison de la quantité croissante du combustible et de la continuité dans de nombreuses zones rurales du sud de l'Europe où l'agriculture et le pastoralisme traditionnels se sont effondrés (Moreira et al., 2011). Une part importante des incendies est provoquée par la sécheresse en raison des changements climatiques en cours (Pausas et Fernandez-Munoz, 2012). Ces changements n'ont pas été documentés sur le bord sud et les activités agropastorales resteraient probablement prédominantes dans de nombreuses régions du bord sud, y compris l'Algérie (Fao, 2018).

Le nord de l'Algérie couvre la moitié de la longueur de la côte méditerranéenne du Maghreb et se caractérise principalement par un mode de vie rural avec de nombreuses activités agropastorales. Les forêts ne couvrent que 0,82% de la surface totale de l'Algérie, mais elles sont principalement concentrées dans la région littorale (Fao, 2018). Ils fournissent un large éventail de services écosystémiques et hébergent de nombreuses espèces, écosystèmes et zones protégées à haute valeur de biodiversité (wwf, 2018). Cependant, ils sont menacés par les changements climatiques en cours, par le surpâturage et les incendies de forêt. Le feu est présent en Algérie, mais uniquement dans cette bande côtière de 210 000 km², qui n'est large que de 250 km. Cette zone de l'Atlas tellien souvent incendiée est limitée vers le sud d'est en ouest par les hautes plaines. Il existe un fort gradient nord-sud dans le bioclimat et les paysages, que la désertification dégrade la végétation et la steppe qui sont présentes sous le climat aride bordant le désert du Sahara (Benslimane et al., 2008). Les problèmes d'incendie ont fait l'objet de peu d'investigation dans le nord de l'Algérie. Les principales études ont donné un aperçu de l'activité des feux et se sont concentrées sur les causes humaines des feux (Meddour-Sahar et al., 2013; Meddour-Sahar, 2014; Meddour-Sahar, 2015). Il existe des bases de données sur les incendies de forêts, mais pas sur une période longue et continue. Les connaissances et les données sur les incendies de forêt sont considérées comme insuffisantes par le rapport du WWF (wwf, 2001). Les données MODIS font objet d'une base de donnée intéressante pour l'acheminement de ce travail.

Le présent travail s'inscrit dans cet axe de recherche qui tente de décrire et d'expliquer certains paramètres responsables des départs des feux dans la région. En plus de la sévérité des conditions climatiques de la région méditerranéenne, certains aspects, notamment le relief et le combustible végétal peuvent accentuer ou aggraver ce phénomène. Aussi, l'organisation spatiale du bâti, l'activité humaine et la densification du réseau routier, sont les principaux facteurs de déclenchement des incendies de forêts. La variabilité spatiale de ces facteurs dissimule des spécificités en matière d'incendies de forêts au niveau de chaque territoire de la région d'étude.

La présente thèse s'intéresse, donc, à la vulnérabilité aux incendies des différents habitats naturels. Pour traiter cette question, nous nous sommes intéressés au cas de la région de Bejaia, qui subit annuellement un lourd dommage en matière de feu de forêt, notamment dans sa façade maritime qui se caractérise par une importante couverture forestière et une forte concentration de l'habitat à caractère préurbain et rural d'où la pression anthropique à l'origine des incendies.

Dans le cadre de cette étude, nous avons compilé une base de données sur les incendies à l'aide des données MODIS de 2001 à 2015 pour la wilaya de Bejaia, ainsi qu'une base de données géoréférencée sur les facteurs environnementaux et anthropiques pouvant contrôler l'activité des incendies. Nous avons analysé les principales caractéristiques et tendances du régime des feux à Bejaia, zone à régime d'incendies et à environnement typiques du nord côtier Algérien. À l'aide de ces données, nous avons construit un modèle statistique des risques d'incendie basé sur la fréquence des incendies et les zones brûlées. Nous tenterons de comprendre quelle partie des facteurs socio-économiques et environnementaux peuvent influencer sur l'occurrence des feux, et nous recherchons si la quantité de combustible peut être limitative dans la partie sud de la zone d'étude. Notre objectif final est d'expliquer les risques d'incendie sur le territoire et d'en examiner les conséquences pour la gestion, la prévention et l'atténuation à long terme des risques d'incendie.

A) Problématique et hypothèses de travail

La problématique ciblée est donc celle de la gestion du risque naturel « incendie de forêt » dans une société en pleine extension avec une urbanisation accélérée dans un contexte de changements climatiques en cours.

Le questionnement général de cette recherche :

- Quels sont les facteurs causals des incendies de forêts dans la région de Bejaia ?

- Le SIG peut-il être un outil d'aide à la prise de décision pour les collectivités territoriales dans le cadre de la gestion des incendies de forêt.

- La modélisation des facteurs responsables des feux de forêt peut-elle être un moyen pour mieux comprendre les causes environnementales et humaines.

Dans l'ensemble, ce questionnement qui constitue la problématique générale de cette recherche peut être réduit à trois hypothèses :

- Dans la plupart du temps, les facteurs causals des incendies de forêts dans la région de Bejaia sont anthropiques.

- Le SIG est l'outil le mieux adapté pour la prise de décision, il permet de recueillir toutes les informations (photos aériennes, images satellitaires, couches ...).

- La modélisation permet d'acquérir une meilleure réflexion sur le phénomène et de réduire les incertitudes.

L'objectif principal de cette étude est d'évaluer la susceptibilité des secteurs exposés au risque d'incendie à travers un modèle qui intègre et organise spatialement des données multi sources. La cartographie de la variabilité spatiale des principaux facteurs du risque d'incendie de forêts permet une caractérisation basée sur une analyse thématique et spatiale.

B) Objectifs

L'objectif de ce projet de thèse s'inscrit dans une volonté de réduire la vulnérabilité aux incendies des habitats naturels, et de mettre en œuvre des itinéraires techniques de gestion en vue de la durabilité des territoires.

A travers le développement de méthodes, cet objectif se décline selon les axes suivants :

I) Constituer une base de données spatialisées après incendies observés dans les habitats naturels,

II) Caractériser et cartographier le risque d'incendie entre vulnérabilité et formations combustibles,

III) Modéliser le risque d'incendie par une approche globale en intégrant ses différentes composantes (analyse des relations spatiales entre le combustible et les espaces vulnérables, intégration des modèles de description des facteurs de risques).

Chapitre I : Etat actuel des massifs forestiers d'Algérie et statistiques des incendies.

1.1 Importance des incendies

1.1.1 A l'échelle mondiale

Tous les ans, des incendies se déclarent sur plusieurs centaines de millions d'hectares de forêts et d'autres formations végétales à travers le monde. Les incendies de forêts et d'espaces naturels (terres boisées, brousses, herbages, savanes, steppes) sont communément appelés feux de végétation. Les causes des incendies sont liées aux conditions écologiques locales (climat, type de végétation) et aux habitudes (incendies à usage agricole, brûlage dirigé), d'où les principales raisons sont liées à la négligence, les activités agropastorales et parfois, la pyromanie. (Rivett, Ramade. 1997).

En 1980 la superficie forestière mondiale atteint 2.5 milliards d'hectares, soit le cinquième de la superficie terrestre (Mol et al., 1997). L'incendie touche toutes les régions du globe en allant des zones les plus chaudes aux plus froides. Les graves incendies qui se sont déclarés dans différentes parties du monde ont attiré l'attention internationale au cours des années 90, notamment ceux des années 1997 et 1998, dont la fumée a recouvert de vastes régions du bassin Amazonien, de l'Amérique centrale, du Mexique et de l'Asie du Sud Est, perturbant la navigation aérienne et maritime, et engendrant de graves problèmes de santé qui ont fait échos dans le monde entier. Depuis, les feux n'ont malheureusement pas reculé, bien au contraire, les chiffres sont de plus en plus alarmants engendrant des pertes colossales de tout ordre. Les derniers feux de l'hiver 2010 ayant touché la Russie durant une longue période en sont un exemple de la teneur des dégâts. Les pays en mesure de fournir des statistiques sur les incendies révèlent qu'en moyenne 0.9% de leurs superficies forestières brûle chaque année (fao, 2009). L'évaluation faite pour l'année 2000, fait état d'une superficie brûlée de 350 millions d'hectares, dont la majorité touche l'Afrique subsaharienne et l'Asie centrale (fao, 2007). L'étude des rapports de 155 pays portant sur les perturbations liées aux incendies (Van Lierop et al., 2015) a révélé que la plupart des pays dotés de zones forestières importantes faisaient état de quelques zones brûlées au moins et que, sur la période allant de 2003 à 2012, une moyenne de 67 millions d'hectares environ (soit 1,7 pour cent des terres forestières) avait brûlé chaque année. Durant cette période, la

superficie moyenne brûlée la plus importante a été enregistrée en Amérique du Sud (35 millions d'hectares par an), suivie de l'Afrique (17 millions d'hectares par an) et de l'Océanie (7 millions d'hectares par an). On a constaté une tendance à la baisse de la superficie forestière brûlée en Amérique du Sud et, dans une moindre mesure, en Afrique, mais aucune évolution claire ailleurs. (fao, 2018).(figure 1)

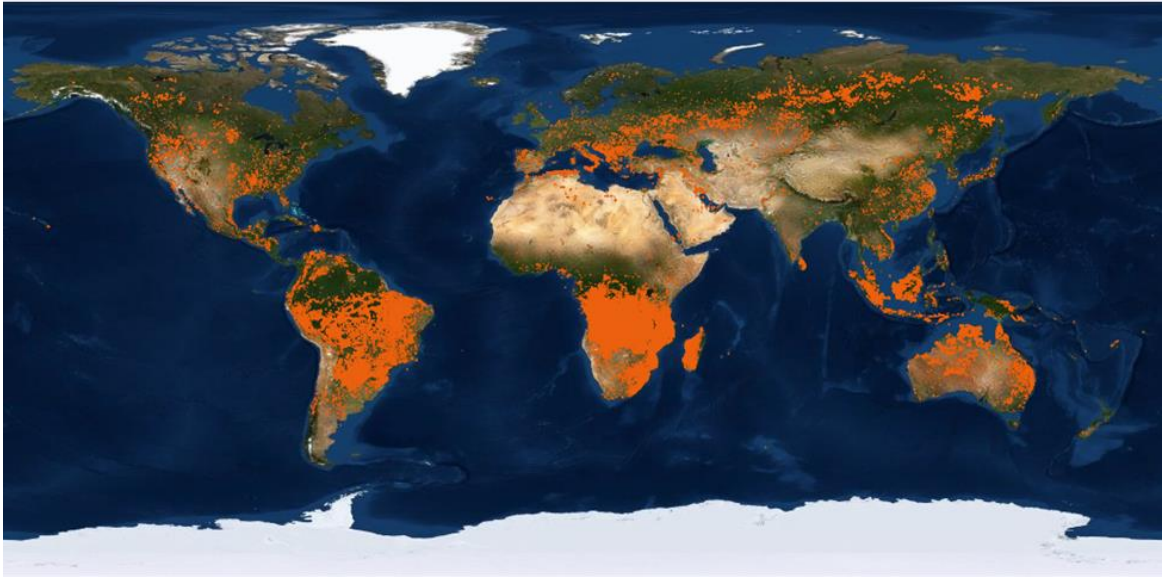


Figure 1: Répartition mondiale des feux pour la période allant du 01/08/2012 au 31/08/2012 (Fire Information for Resource Management System).

L'Afrique est dénommée souvent « le continent du feu », en raison de la fréquence et de l'étendue des incendies. En effet, l'Afrique détient le triste record du monde des feux de forêts, en grande partie, en raison de la pratique traditionnelle et ancestrale consistant à utiliser le feu pour convertir les terres boisées en terres pour l'agriculture et le pâturage (Kourous, 2006).

Entre 2003 et 2012, environ 67 millions d'hectares (1,7%) de forêts brûlées chaque année, principalement en Amérique du Sud tropicale et en Afrique. Au cours d'une période de

rapport similaire, au total 142 millions d'hectares de terres forestières ont été affectés par d'autres perturbations que les incendies. (Van Lierop et al.,2015).

Il y avait de fortes corrélations entre la superficie de forêt brûlée et la zone de réduction partielle du couvert végétal, ainsi qu'entre la superficie de forêt brûlée et la perte nette de forêt. La réduction partielle du couvert végétal est utilisée comme indicateur indirect de la dégradation des forêts, bien qu'elle comprenne également des terres sous gestion qui ne sont pas dégradées. Une tendance à la baisse de la superficie des forêts brûlées a été constatée, en grande partie à cause de la diminution de la superficie brûlée au cours des dix dernières années en Amérique du Sud tropicale. Cependant, une tendance à la hausse de la superficie des forêts brûlées a été observée dans le domaine climatique boréal. (Tableau 1).

Tableau 1: Les terres et les forêts ont brûlé dans le monde, 2003-2012.

Année	Terres brûlées (x1000 ha)	% des terres brûlées	Forêt brûlée (x1000 ha)	Forêt brûlée en% des terres brûlées	Forêt totale (x1000 ha)	% de la forêt totale brûlée
2003	355 300	2,8	68 592	19,3	4 042 531	1,7
2004	384 798	3	75 636	19,7	4 038 801	1,9
2005	369 817	2,9	78 497	21,2	4 035 072	1,9
2006	337 990	2,6	64 250	19,0	4 031 342	1,6
2007	381 897	3	84 965	22,2	4 027 613	2,1
2008	322 705	2,5	56 820	17,6	4 023 883	1,4
2009	308 935	2,4	53 728	17,4	4 020 154	1,3
2010	325 229	2,5	65 225	20,1	4 016 424	1,6
2011	322 228	2,5	55 479	17,2	4 012 695	1,4
2012	297 137	2,3	63 141	21,2	4 008 965	1,6
Moyenne	340 604		66 633			

Source : FAO-2015

1.1.1.1 Terres et forêts brûlées par région

La plus grande superficie de terres brûlées se trouvait en Afrique: plus de 213 millions d'hectares par an. Sur ce montant, près de 17 millions d'hectares de forêts ont été brûlés chaque année (annexe 01). En Amérique du Sud, 72 millions d'hectares de terres brûlent en moyenne chaque année, dont 35 millions d'hectares de forêts. L'Océanie a signalé 31 millions d'hectares de terres brûlées chaque année, dont environ 7 millions d'hectares de forêts. L'Asie compte environ 17 millions d'hectares de terres brûlées par an, dont moins de 2 millions d'hectares de forêts. La quasi-totalité des terres brûlées en Amérique du Nord et en Amérique centrale (5 millions d'hectares au total) et en Europe (3 millions d'hectares au total) étaient des terres forestières. (Van Lierop et al., 2015).

Les résultats présentés indiquent une tendance à la baisse de la superficie brûlée et de la superficie forestière brûlée à l'échelle mondiale. Cela était particulièrement notable dans le domaine tropical et dans la région d'Amérique du Sud. La diminution de la superficie brûlée sous les tropiques est corroborée par d'autres études récentes (Giglio et al., 2010 ; Yang et al., 2014). Yang et al. (2014) ont noté que la diminution de la conversion des forêts en pâturages et l'augmentation de la conversion des forêts en terres cultivées et en agriculture mécanisée - comme observé par Morton et al. (2006) en Amazonie brésilienne - peut contribuer à la diminution de la superficie des forêts brûlées en Amérique du Sud tropicale car les pâturages sont sujets à des incendies plus importants et plus fréquents que les terres cultivées. Non seulement moins de gravure est nécessaire pour la conversion, mais la gravure répétée est également réduite. Grégoire et al. (2012) ont constaté, de même, que la conversion des terres en terres cultivées en Afrique a pour effet de diminuer la quantité de surfaces brûlées détectées dans cette région.

1.1.2 A l'échelle de la Méditerranée

Les forêts méditerranéennes constituent l'un des lieux de diversité végétale les plus importants de la planète, représentant 10% des plantes à fleurs dans le monde sur guère plus de 1,6% de la surface de la terre mais inégalement réparties. Située dans une zone de transition entre les continents européen, africain et asiatique, cette mosaïque de chêne-liège, de chênes verts, de cèdres, de pins et d'oliviers abrite 25 000 espèces végétales dont 13 000 sont endémiques (Kazakis et Ghosn, 2008). Les forêts servent aussi d'habitat à une extraordinaire diversité d'animaux. Les forêts couvraient 82% des terres en Méditerranée ; aujourd'hui, la couverture n'est que de 17%. Cette dégradation est due essentiellement aux activités humaines et en particulier aux feux. (fao, 2018).

Le feu est l'aléa naturel le plus important pour les forêts et les zones boisées du bassin méditerranéen. Chaque année, environ 50 000 feux ravagent entre 700 000 et 1 million d'hectares de terres causant d'énormes dommages sur le plan social, économique et écologique ainsi que la perte de vies humaines (Kazakis et Ghosn, 2008).

Les écosystèmes méditerranéens ont évolué sous l'influence périodique des feux et ont développé des mécanismes d'adaptation au feu.

Tableau 2: Distribution des surfaces forestières brûlées dans la zone Euro- méditerranéenne (2008-2018).

Pays	Forêts brûlées entre 2008 et 2018, (Moy annuelle en ha)	Surface forestière totale, en hectares, en 2015	Nombre de feux d'au moins 25 ha recensés entre 2008 et 2018	Part de la surface Forestière brûlée
Portugal	113 583	3 182 100	228	3,57%
Grèce	22 714	3 903 000	43	0,58%
Italie	39 463	9 297 000	201	0,42%
Espagne	60 899	18 417 870	170	0,33%
Roumanie	10 371	6 861 000	31	0,15%
France	8752	16 989 000	50	0,05%

Source : Commission des finances, d'après les données d'Eurostat et d'EFFIS

Les feux de forêt font partie intégrante du cycle de vie des écosystèmes méditerranéens, ceci depuis des millénaires et continueront à l'être aussi dans le futur. Les hommes ont aussi influencé les écosystèmes méditerranéens et ce depuis des millénaires, créant une relation dynamique avec leur environnement naturel. Il n'est pas possible de comprendre les structures actuelles de la végétation dans le bassin méditerranéen sans prendre en considération les activités anthropogéniques et les utilisations des terres dans le passé. La forte pression exercée par l'homme (brûlage, abattage, pâturage sur terres non arables, défrichage, aménagement de terrasses, exploitation puis abandon de terres arables) a donné naissance à un paysage fortement marqué par l'activité humaine.

L'intervention humaine a été si forte qu'elle exerce encore un impact significatif sur les structures actuelles et futures de la végétation. Les changements observés au cours de ces dernières décennies quant à la fréquence des feux reflètent étroitement les changements socio-économiques récents en cours dans les pays méditerranéens (Souidi et al., 2017). Bien que la principale raison pour l'augmentation des feux au cours des dernières décennies soit probablement le facteur anthropique, il faut également prendre en considération les facteurs climatiques. Les feux se déclarent essentiellement en été quand les températures sont élevées et l'humidité de l'air et la teneur en eau des combustibles faibles (Hoff et Rambal, 1999). Les prévisions concernant les changements climatiques indiquent une diminution des précipitations annuelles, une augmentation de la température de l'air et des périodes de sécheresse plus longues (IPCC, 2001). Bien qu'il existe un certain degré d'incertitude quant à la moyenne et la variation des changements en matière de précipitations, toutes les prévisions tendent à indiquer une future hausse du déficit en eau (Moisselin, 2003). Ces changements aboutiront à une augmentation de la probabilité d'allumage de feux et de leur propagation non seulement dans la région méditerranéenne mais aussi dans les autres régions du monde sujettes aux incendies.

Le climat méditerranéen, avec des étés longs et secs et des hivers doux avec de faibles précipitations, a abouti au développement d'écosystèmes dits de type méditerranéen. Ces écosystèmes ont développé des mécanismes d'adaptation (espèces sclérophylles à feuilles persistantes et phénomène d'allélopathie) afin de surmonter les conditions climatiques difficiles (température de l'air élevée et sécheresse en été) (Kazakis et Ghosn, 2008).

Selon Hoff et Rambal (1999).

Sur la période 2008-2017, les forêts Algériennes ont également été moins touchées que celles des autres pays méditerranéens. La comparaison avec ces pays doit cependant être relativisée tant les caractéristiques des forêts peuvent différer : le bilan sévère du Portugal s'explique notamment par le fait que l'ensemble des forêts portugaises sont sensibles au risque d'incendies, contrairement à l'Algérie, et qu'elles concentrent une forte proportion d'essences très combustibles. (Tableau 03).

De plus, les dommages sont très élevés étant donné que les feux se déclarent ou atteignent facilement les zones de contact de plus en plus étendues entre espaces naturels et urbains. (Rego et al., 2018).

Tableau 3: Aperçu du nombre d'incendies et de zones incendiées en régions Euro- méditerranéenne entre 2008- 2017 (EFFIS 2018).

Pays	Nombre de feu			Surfaces brûlées (ha)		
	2018	2008-2017 Moyenne	2018 en % Moyenne	2018	2008-2017 Moyenne	2018 Moyenne (%)
Autriche	159	207	77	19	72	26
Bulgarie	222	471	47	1453	5315	27
Chypre	131	100	131	1136	1720	66
Répub Tchèque	2033	974	209	492	272	181
Allemagne	1708	700	244	2349	333	706
Algérie	797	3313	24	2312	36361	6
Espagne	7143	12573	57	25162	101411	25
Finlande	2427	1141	213	1228	485	253
France	3005	3791	79	5124	11923	43
Grèce	793	1055	75	15464	28208	55
Croatie	54	229	144	48543	9064	536
Hongrie	530	1068	50	906	4882	19
Italie	3220	5853	55	161987	78898	205
Liban	41	125	33	643	883	73
Lituanie	211	180	117	110	107	103
Lettonie	972	525	185	2864	346	827
Maroc	343	464	74	841	2964	28
Pays-Bas	949	-	-	572	-	-
Macédoine	19	247	8	95	4703	2
Norvège	887	123	722	3279	882	372
Pologne	8867	7163	124	2696	3143	86
Portugal	12436	18485	67	43702	136107	32
Romanie	158	267	59	1341	1581	85
Slovénie	32	91	35	20	278	7
Slovaquie	262	240	109	248	419	59
Suède	8181	4115	199	24310	2911	835
Suisse	153	92	166	69	110	62
Turquie	2167	2385	91	5644	9075	62
Ukraine	1297	2186	59	1367	4036	34

Source : Rapport annuel EFFIS sur les incendies de forêt (2018)

Les données utilisées dans cette analyse sont dérivées de l'évaluation des ressources forestières mondiales (fao, 2015a), complétée par des rapports de pays (fao, 2015d), ainsi que de l'Institut forestier européen et de la base de données du Système européen d'information sur les incendies de forêt.

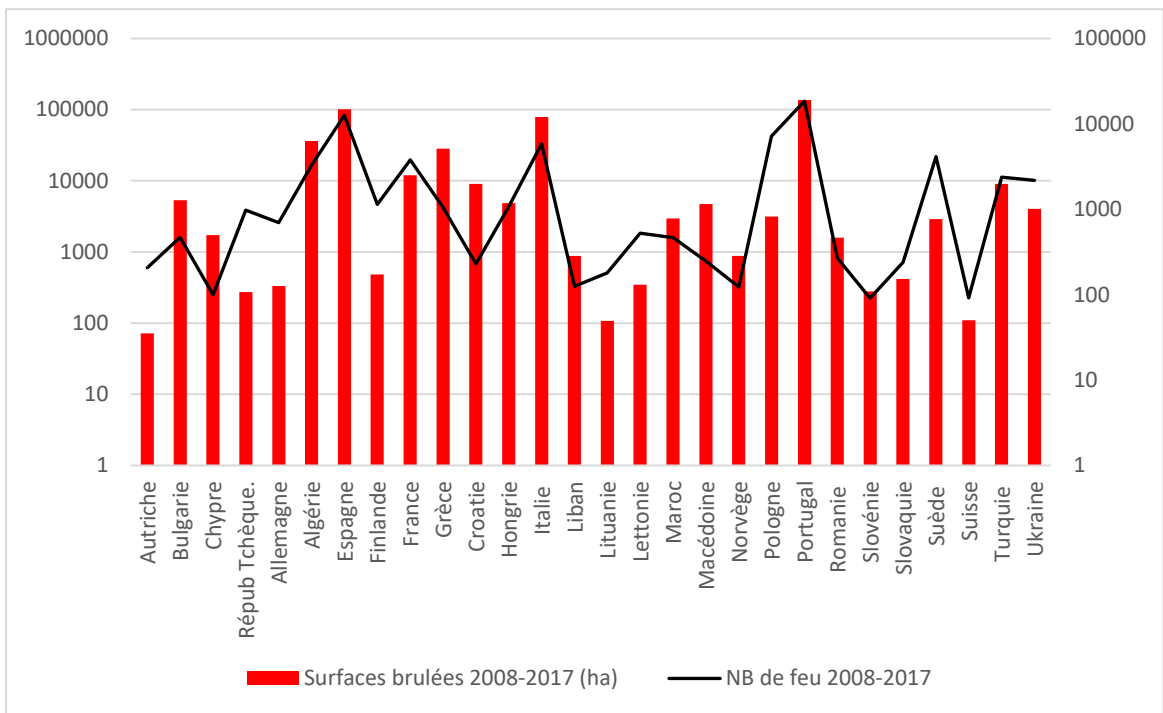


Figure 2: Moyennes du nombre d'incendies et de zones incendiées en régions Euro-méditerranéennes entre 2008- 2017 (EFFIS 2018).

1.2. Les incendies de forêt en Algérie

1.2.1 La couverture forestière

L'Algérie est un pays méditerranéen situé entre les latitudes 19 ° et 37 ° N, et les longitudes 9 ° W et 12 ° E, d'une superficie de 2 381 741 km² dont 90% des terres est un désert dans la partie sud. C'est dans le nord de l'Algérie, que les plus grandes superficies forestières sont localisées sous un climat méditerranéen doux caractérisé par deux périodes : une saison froide de novembre à avril, avec des températures minimales de l'ordre de 2°C et une saison chaude de mai à octobre avec des maximas de 35°C. Les contraintes thermiques maximales sont accentuées par un vent chaud du sud, le sirocco, qui se manifeste surtout en été et augmente l'évapotranspiration. Les pluies sont concentrées pendant la saison froide. La pluviométrie moyenne annuelle est comprise entre 300 à 500 mm Nord ouest et elle atteint les 800 mm dans la partie nord est du pays (ONM, 2013).

L'Algérie est un pays très affecté par les incendies de forêt, pourtant, les feux en méditerranée font souvent seulement référence aux cinq états membres méridionaux de l'union européenne (Vélez, 1999).

1.2.2 Evolution des incendies en Algérie

L'Algérie possède 4,1 millions d'hectares de forêts, de maquis et de broussailles qui ne représentent qu'un taux de boisement de 16,4% en ne considérant que le nord du pays, et seulement 1,7%, si l'on prend en ligne de compte tout le territoire national. Dans les deux cas, cette couverture forestière est nettement insuffisante en comparaison au taux de 25%, mondialement admis. Chaque année, cette superficie, déjà insuffisante, perd une moyenne de 30 000 ha ; ce qui est nettement important pour un pays comme l'Algérie qui se situe dans une zone a climat désertique pour une large frange de son territoire.

L'analyse des statistiques des feux de forêts en Algérie permettra de retracer leur historique sur une très longue période continue de 139 ans (1876 à 2014). En effet, l'Algérie est l'un

des rares pays possédant des statistiques sur les feux de forêts sur une période assez importante (Meddour-Sahar et al., 2008). Les principales sources de données utilisées sont celles de Grim (1989) in Megrerouche (2006), Kebir & Abbas, (2011) (pour la période : 2001-2014). Leur recueil permettra de reconstituer cette série chronologique comportant deux étapes historiques de notre pays.

Dans le cas de l'Algérie, sur un laps de temps aussi important (139 ans), les systèmes de collecte de l'information ont effectivement évolué, après la guerre d'indépendance et également après la promulgation de la loi portant « Régime Général des Forêts en Algérie » en 1984, sans oublier la fiabilité des données recueillies durant la « décennie noire » d'instabilité politique qu'a traversé notre pays (années 1990).

1.2.2.1 Evolution annuelle des nombres de feux et des superficies parcourues par les incendies en Algérie (période 1876-2014)

A) Période coloniale 1876-1962

Marc (1930), à l'occasion du centenaire de la colonisation, réaffirme qu'en 1830, existait un domaine forestier assez beau, estimé à 5 millions d'hectares. L'exploitation des forêts lors de la conquête coloniale pour la construction des bases, des forteresses et l'approvisionnement des militaires associés à la surexploitation du bois, principalement durant la seconde guerre mondiale, ont causé la disparition de plus d'un million d'hectares. Boudy (1955) estime qu'entre 1863 et 1865, les superficies incendiées sont d'environ 200.000 hectares.

La période coloniale a été fatale, comme on le sait, pour notre patrimoine forestier. En effet, une surface cumulée de 3 506 942 ha a été parcourue par le feu, sur une période de 87 ans (1876-1962), soit une moyenne de 41 258 ha/an. Durant cette époque, le feu a mis en péril notre patrimoine forestier, en certaines circonstances malheureusement trop répétées ; les dégâts qu'il a causés ont pris la proportion de véritables désastres. Les incendies catastrophiques, de plus de 100 000 ha/an (voir de 150 000 à 200 000 ha). Ces grands incendies dramatiques ont coïncidé en général avec des époques troubles (insurrections, période de guerre). Plus particulièrement, durant la guerre de libération (1954-1961),

645 414 ha de forêt ont été la proie des flammes, suite à la politique de la terre brûlée. Durant les « années de braises » de 1956 à 1958, 435 646 ha au total ont été ravagés par le feu, avec un maximum absolu de 204 220 ha en 1956. Au cours de cette période, de nombreux massifs forestiers ont été brûlés à plusieurs reprises (Ouarsenis, Djurdjura, etc.) et 220 000 ha de forêts ont été calcinés au napalm rien qu'aux Aurès (Sari, 1976). Cependant, Grim (1989) estime qu'il reste à prouver que les surfaces incendiées relevées durant cette période correspondent bien à la réalité.

B) La période de l'Algérie indépendante 1963-2014

La dégradation de la forêt algérienne et la réduction des surfaces boisées ont persisté jusqu'à nos jours sous l'effet de l'action humaine. En effet, la superficie totale du domaine forestier Algérien actuel est inférieure à 2 500 000 ha dont 1,8 millions d'hectares fortement dégradés. Cependant, grâce aux opérations de reboisements pratiqués après l'indépendance, les formations forestières couvrent actuellement 4,1 millions d'hectares (Fosa, 2000).

Après l'indépendance, la forêt Algérienne n'a pas été épargnée par les incendies de forêt. En effet, la superficie forestière totale incendiée durant la période 1963-2014 (52 ans) est évaluée à 1 797 491 ha, le feu a donc détruit en moyenne 34 567 ha/an. Cependant, la superficie brûlée fluctue d'une année à une autre. Après l'indépendance, la forêt Algérienne a donc connu une relative accalmie, puisque les superficies brûlées ont diminué par rapport à la période coloniale, où la moyenne annuelle était, rappelons-le, de 41 258 ha (soit 16 % de moins). Toutefois, on reste certainement loin des incendies catastrophiques de 100 000 à 150 000 ha de la période coloniale. Cependant, l'Algérie a vécu deux années catastrophiques, pour ne pas dire infernales. Celles-ci marqueront à jamais l'histoire des incendies de forêts dans notre pays, en l'occurrence 1983 et 1994, avec respectivement 221 367 ha et 271 598 ha, deux records absolus dépassant largement celui de 1956 (204 220 ha). Ces deux années, à elles seules, totalisent 492 965 ha, soit un taux de 27,43 % sur le total de la chronologie actuelle (52 ans).

De telles surfaces brûlées « exceptionnelles » peuvent être dues, du moins en grande partie, à des conditions climatiques très favorables au déclenchement et à la propagation du feu

(sécheresse persistante depuis plusieurs années consécutives, épisodes venteux, canicules). En effet, selon Kacha (1990), l'Algérie a connu 6 années de sécheresse durant la décennie 80, où le déficit hydrique a atteint un niveau critique évalué à moins 25 % du volume annuel en moyenne. Pour sa part, Ait Mouhoub (1998) note également que la sécheresse était bien marquée en Algérie dans les années 1980, où le déficit pluviométrique variait selon les régions (Centre, Est et Ouest) entre 15 et 26 %. Quant à l'année critique 1994, la xéricité (C'est à dire l'ensemble des paramètres qui déterminent un milieu caractérisé par une aridité persistante et une végétation adaptée à la sécheresse) climatique peut expliquer naturellement les incendies catastrophiques qui ont marqué notre pays et d'autres régions méditerranéennes, comme par exemple l'Espagne (Velez, 1995). Pour Ramade (1997), les désordres politiques, comme en Algérie, sont « depuis 1992 à l'origine de plusieurs incendies ayant ravagé de vastes forêts, en particulier en Kabylie ». Meddour-Sahar et al. (2013) ont analysés le bilan des incendies des forêts en Algérie durant la période s'étalant de 1980 jusqu'au 2012. Ces auteurs ont conclu que la lourdeur du bilan témoigne d'une incapacité à agir sur les causes de départs de feux.

Tableau 4: variation des surfaces brûlées en Algérie (1881-2014).

Années	Superficies incendiées (ha)	Moyenne (ha)	Années les plus touchées par les incendies	
			Année	Superficies incendiées (ha)
1881-1890	353 856	35 386	1881	109 056
1891-1900	487 796	48 780	1892	105 574
1901-1910	309 889	30 989	1902	141 141
1911-1920	622 571	62 257	1913	138 191
1921-1930	296 262	29 626	1922	89 678
1931-1940	275 096	27 510	1937	61 877
1941-1950	280 119	28 011	1943	61 678
1951-1960	449 970	64 997	1956	204 220
1961-1970	233 772	23 377	1961	69 471
1971-1980	292 849	29 285	1971	57 835
1981-1990	361 391	36 139	1983	221 368
1991-2000	549 240	54 924	1994	271 598
2001- 2006	122 063	20 344	2004	31 999
2007-2014	306 276	37 593	2007	47 939
Total	5 141 150	38 292	-	-

Source: Direction Générale des Forêts (DGF, 2014).

1.2.3 La fréquence des feux et des surfaces incendiées

En Algérie, une évaluation globale sur les feux de forêt est réalisée chaque année après chaque campagne, du 1er Juin au 31 Octobre par la Direction Générale des Forêts (DGF) qui permet de comprendre l'évolution des incendies de forêts dans le temps et dans l'espace pour prévenir le risque de feu. Il a été noté que suivant les années, le feu est plus prépondérant d'une formation végétale à l'autre (Tableau 5). L'année 2005 et 2006 sont particulières, pour un nombre d'éclosion pratiquement semblable, l'année 2005 comptabilise une superficie incendiée très importante par rapport à l'année 2006. Les formations forestières sont les plus susceptibles au feu avec une superficie totale incendiée

de 28 380 ha en 2005. L'année 2013 par contre avec un nombre d'éclosion plus important (2342), la superficie incendiée a diminué. Il est clair que le nombre d'éclosion des feux n'est pas en corrélation avec la superficie incendiée. Les conditions écologiques et la rapidité d'intervention sont les paramètres principaux qui régissent l'extension d'un feu.

Tableau 5: Les superficies incendiées en Algérie en 2005, 2006 et 2013.

Année	Estimation	Type de végétation						Nombre d'éclosion
		Forêt	Maquis	Broussaille	Alfa	Autre	Total	
2005	Surface brûlées (ha)	14 283.01	8 543 .16	4 426.37	337	790.50	28 380.06	2 013
	Taux (%)	50.32	30.10	15.60	1.20	2.78	100	-
2006	Surface brûlées (ha)	6 757.86	3 050.57	4 177.90	191.42	781.26	14 959.01	2 029
	Taux (%)	45.17	20.40	27.90	1.30	5.23	100	-
2013	Surface brûlées (ha)	3 618	3 808	4 261	-	1 414	13 102	2 342
	Taux (%)	28	29	35	-	10	100	-

Source: Direction Générale des Forêts (DGF, 2014).

1.2.4 Les causes des incendies de forêt en Algérie

En Algérie, les incendies de forêts sont essentiellement liés à des problèmes socio-économiques, très souvent causés par l'homme. En effet, dès 1900, LEFEBVRE (in Madoui, 2002) constate que les besoins des riverains en terre et en pâturage les ont conduits à provoquer des incendies. A cela, vient s'ajouter la négligence des populations qui utilisent le feu pour différentes raisons domestiques, pour la régénération des pâturages, production de charbon, etc. Ces pratiques étaient à l'origine de départ des feux. Cependant, d'autres raisons comme le manque d'emploi en forêt et le conflit permanent entre l'administrateur forestier et l'administré sur l'exploitation des terres, ne sont certainement pas étrangères aux mises à feu périodiques (Boudy, 1948 in Grim, 1989). En gros, en plus des situations de conflits de natures diverses, les causes des incendies en Algérie relèvent aussi de

l'imprudence et de l'insouciance et quelques fois le feu est mis volontairement sans explications précises (Belkaid, 2016). Ce qu'il est important de noter c'est la progression du taux d'incendies d'origine inconnue qui passe de 56,7 % pour la courte période 1979-1982 (données Rebai, 1982) à 75,8 % sur le total des incendies déclarés durant la période allant de 1986 - 2002 (données DGF, 2002), une période durant laquelle un taux de 68,5 % de la surface incendiée a été déclaré. Par ailleurs, malgré les difficultés d'identification des incendies volontaires, leur taux reste assez important, en considérant le nombre de feux recensés (20,7 %). Ce chiffre reste loin de la réalité car n'incluant pas les feux dits « sécuritaires ». Les incendies d'origine volontaire ou intentionnelle ont détruit, selon les données disponibles, 27.84 % des superficies totales brûlées (tableau 6). Les incendies dus à la malveillance (volontaires) sont les plus désastreux. Le pyromane attend le moment où les conditions de chaleur et de vent sont réunies pour exécuter son plan macabre.

Tableau 6: Importance des incendies de forêts par catégories de causes en Algérie (période 1986-2002).

Catégories de causes	Nombre de feux	%	Superficie incendiée (ha)	%
Inconnues	16 364	75,8	408 310	68,45
Intentionnelles (volontaires)	4479	20,7	166 072	27,84
Accidentelles	232	1,07	12 527	2,10
Imprudences	503	2,33	9 475	1,59
Total	21578	100	596 384	100

(Source DGF, 2002)

L'absence d'une politique de gestion des déchets ménagers, a provoqué l'apparition de décharges sauvages ou décharges non contrôlées, ce qui fait que les incendies d'origine accidentelle (involontaires) sont causés parfois par les actions de brulage de ces décharges.

Enfin, les causes inconnues regroupent des actes ou origines présumés et concernent actuellement une grande part des incendies.

Les spécialistes de la question en Algérie désignent les conditions climatiques rudes, à savoir la sécheresse persistante, les hautes températures et la faible hygrométrie, comme la

cause principale des incendies, sans pour autant nier l'existence d'autres facteurs qui provoquent et qui favorisent les feux de forêts (Meddour-Sahar, 2008). En effet, plusieurs auteurs ont, notamment, affirmé l'existence d'une relation forte entre les incendies de forêts et l'utilisation de l'espace par l'homme, avec une présence importante d'incendies à proximité des zones urbaines et des réseaux de transport (Ganteaume et al., 2013).

Dans la région d'étude, l'un des paramètres qui offre une variété de conditions physiques plus ou moins favorables à l'incendie, est la topographie, qui est dressée sous forme de collines et de montagnes avec des pentes assez raides par endroit et une végétation forestière et pré-forestière occupant la façade maritime. En outre, le climat confère à cette région une période sèche de 4 à 5 mois consécutifs où les précipitations sont quasi-absentes et les températures sont à leur plus haut niveau de l'année (Belkaid, 2016). La réserve d'eau du sol se trouve à son plus bas niveau ce qui se répercute directement sur l'état hydrique de la végétation. Ceci aggrave le risque de départ des feux et surtout l'apparition de certains feux difficilement maîtrisables. Au-delà de cette nature favorable à l'incendie, la Kabylie maritime est caractérisée par la présence de plusieurs facteurs anthropiques qui permettent de développer aisément des incendies. Elle constitue un domaine où sont largement pratiqués l'élevage, le pastoralisme et l'agriculture en plus des autres activités en lien avec la forêt, comme la récolte du liège, l'exploitation du bois et les différents travaux forestiers, ainsi que le tourisme. Ce dernier connaît un fort épanouissement pendant l'été avec une fréquentation importante du littoral, ce qui accentue le risque de départs de feux (Belkaid, 2016).

1.2.5 Bilan des incendies de forêt de la wilaya de Bejaia (1985-2016)

La superficie forestière de la wilaya de Bejaia est estimée à 122 500 hectares (forêts, maquis et garrigues) soit 38% de la superficie totale de la wilaya. Les espèces dominantes de ce couvert végétal sont : le chêne-liège, le chêne Afares, le chêne vert, le chêne kermès et le pin d'Alep (Anonyme, 2013).

Comme toutes les régions du Nord du pays, tous les ans, Bejaia enregistre durant la période estivale des incendies qui ravagent les différentes formations végétales. Les données sur les incendies de forêts (le nombre d'incendies ainsi que la superficie brûlée) que nous présentant dans ce chapitre concerne une période de 32 ans, soit de 1985 à 2016.

A travers une simple analyse des chiffres présentés dans le tableau 7 pour la période indiquée précédemment, un totale de 107601 ha des forêts de la wilaya ont été détruits par 4171 feux, soit une moyenne de 3362 ha /an et 130 feux/an. Ainsi, la wilaya de Bejaia affiche un taux de 18,46% de la superficie totale incendiée à l'échelle nationale pour la même période qui à été estimée à 558 495 ha soit une moyenne de 18 617 ha/an. Ce qui place Bejaia en tête de la liste des wilayas les plus touchées par les feux de forêts.

En effet, le bilan des feux de forêts présenté par la DGF, dans le cadre de la coopération entre la Direction Générale des Forêts (DGF) et l'Agence Spatiale Algérienne (ASAL) afin d'analyser les premiers bilans de la campagne des feux de forêts de l'été 2010, indique qu'en moyenne 46% des surfaces parcourues concernent la région centre du pays, 38% la région Est et 16% la région Ouest. Les wilayas qui se distinguent comme les plus touchées par ces feux de forêts sont : Bejaia, Bordj Bou Arreridj, Batna, Tizi Ouzou, Ain Defla, Médéa, Tlemcen, Blida et Skikda. Ce sont globalement les wilayas qui concentrent la plus grande part de la couverture forestière nationale.

Tableau 7: Bilan des incendies de forêt dans la wilaya de Bejaia (1985-2016)

Année	Nombre d'incendies	Superficies incendiée (ha)
1985	39	719
1986	59	1720
1987	64	2194
1988	77	3261
1989	26	226
1990	85	958
1991	96	1768
1992	149	6334
1993	112	9471
1994	89	25827
1995	55	3688
1996	22	230
1997	119	959
1998	85	1801
1999	186	3679
2000	195	11560
2001	54	500
2002	61	505
2003	92	818
2004	203	2356
2005	154	1770
2006	220	2975
2007	137	2533
2008	161	2734
2009	145	1965
2010	328	1967
2011	30	46
2012	399	6865
2013	104	382
2014	353	3300
2015	70	544
2016	202	3946
Totale	4171	107601

Source : (Conservation des forêts, Bejaia)

D'après le tableau précédent, la wilaya de Bejaia ne fait pas exception par rapport aux années les plus dramatiques que l'Algérie a connus (1992 à 1994), avec des bilans exceptionnellement lourds. L'enfer de l'été 1994, a valu aux massifs forestiers de la wilaya la perte de 25 827 hectares de couvert végétal. Depuis, les superficies avaient régressé et il a fallu attendre l'année 2000 pour enregistrer un taux assez élevé (11560 ha). Concernant la fréquence des incendies, la palme revient à l'année 2012 qui a enregistré le nombre de foyers le plus important (399 incendies) suivie de près par l'année 2014 avec 353 sinistres déclarés. L'année 2011 reste la plus épargnée par les incendies avec seulement 30 foyers et 46 ha brûlés.

Selon Trabaud (1980), les conditions météorologiques qui surviennent au cours de l'année ont une relation directe avec les superficies parcourues par les feux. La fréquence des incendies ou leur nombre décroît de façon exponentielle en fonction de l'accroissement de la quantité des précipitations (Trabaud, 1983 ; Madoui, 2002).

Le tableau précédent donnant la fréquence et la superficie des incendies ainsi que les précipitations annuelles pour la région de Bejaia, montre clairement la relation entre la quantité de pluies et les superficies brûlées. Généralement, plus les précipitations annuelles sont importantes, moins les superficies brûlées sont grandes. Néanmoins, la relation est compliquée puisque la lame annuelle précipitée n'est pas très informative. Ce qui influe d'une manière certaine sur la fréquence des incendies et les superficies brûlées, c'est la répartition de la pluie sur les 12 mois de l'année. Toutefois, avec le réchauffement climatique prédit, les conséquences d'un déficit pluviométrique, essentiellement en zones semi-arides risqueraient d'être plus dramatique sur la forêt algérienne.

Sur le tableau 2, nous pouvons observer clairement qu'à partir de l'année 2000, bien que le nombre de feu ait augmenté (1263 feux pour la période 1985-1999 contre 2636 feux pour la période 2000-2014), les superficies brûlées sont moins importantes (62835 ha pour la première période et 40276 ha pour la deuxième). Cette baisse est due à une conjonction de facteurs dont la prise en charge du problème des feux de forêts à tous les niveaux par les services concernés : efficacité d'intervention sur les feux déclarés, meilleure surveillance

des massifs forestiers et actions de préparation d'avant saison marquée par une importante opération de débroussaillage des massifs forestiers et de leurs environnements immédiats.

Conclusion

L'Algérie est un pays avec un taux de couverture forestière très faible 4 100 000 ha soit 10,89% de la superficie du nord du pays et seulement 1,72% de la superficie totale de l'Algérie, très inférieure aux normes mondiales admises (25% de la superficie totale du pays). Dans la limite d'une simple comparaison des statistiques, on note non seulement qu'autrefois les boisements brûlaient aussi, mais encore que les superficies incendiées étaient légèrement supérieures à celles d'aujourd'hui (en moyenne de 16 %). Plus globalement, les surfaces parcourues par le feu représentent sensiblement 1 % des boisements actuels du pays (Meddour-Sahar et al., 2008), compte tenu d'une surface forestière totale de 4.1 millions d'ha (Fosa, 2000). En revanche, la fréquence des mises à feu n'a cessé d'augmenter à travers le temps, avec un nombre annuel de feux 6,14 fois plus élevé par rapport à la période coloniale, dépassant pour les 3 dernières années 2 000 feux/an.

Sur l'ensemble du territoire national, la wilaya de Bejaia présente l'un des bilans d'incendies les plus lourds en raison vraisemblablement de sa couverture forestière assez importante (massifs d'Akfadou, Taourirt Ighil et Bouhatem), de sa topographie accidentée et de sa fréquentation touristique. Elle constitue notre terrain d'étude auquel nous allons consacrer la suite de notre travail.

Chapitre II : Eléments généraux de la zone d'étude.

2.1 Situation géographique du terrain d'étude

Pour la mise en œuvre de la présente étude, nous avons opté pour le territoire de la wilaya de Bejaia ; une région qui présente une diversité en matière de formations forestières. C'est une région caractérisée par un départ de feux élevé et une importante superficie brûlée.

La région de Bejaia s'étend sur une superficie de 3268 km² dans la côte nord-est de l'Algérie (36 ° 15 ~ - 36 ° 54 ~ parallèles nord, et 4 ° 27 ~ - 5 ° 33 ~ méridiens orientaux). Sur le plan administratif (figure 3), cette wilaya issue du découpage de 1974, est délimitée par :

- la mer méditerranée, au Nord ;
- la wilaya de Jijel, à l'Est ;
- les wilayas de Tizi-Ouzou et de Bouira, à l'Ouest ;
- les wilayas de Sétif et de Bordj Bou Arréridj, au Sud.

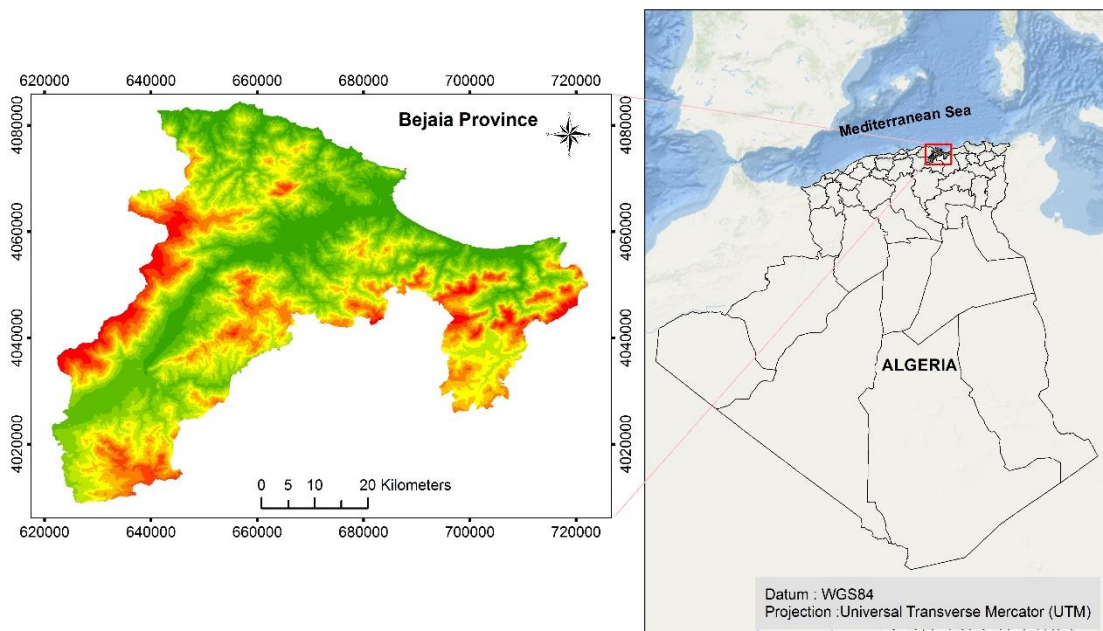


Figure 3: Localisation de la zone d'étude. Données d'élévation de la mission de topographie radar à navette.

La région de Bejaia est très représentative des régions rurales et urbanisées éloignées situées dans le nord-est de l'Algérie (Fig. 3). Bejaia est classée comme l'un des principaux foyers d'incendie en Algérie (Meddour-Sahar 2014). En effet, elle présente des caractéristiques environnementales et anthropiques propices à la survenue d'incendies autour du bassin méditerranéen (Keeley et al.2012; Pausas et Fernandez-Munoz 2012), y compris une couverture élevée en forêts et broussailles, une activité agropastorale importante, un climat propice aux incendies et une forte pression humaine particulièrement durant la saison estivale.

2.2. Caractéristiques du milieu physique

L'étude des caractéristiques physiques porte sur les éléments ci-après : relief, climat, lithologie, réseau hydrographique. Elle a pour finalité de mettre en évidence leur influence, ou incidence, sur le départ des feux.

2.2.1. Caractéristiques générales du relief

Faisant partie du domaine atlasique, la zone d'étude correspond d'une manière générale à une région montagneuse structurée en plusieurs chaînons qui sont séparés par une plaine intra-montagneuse qu'est le bassin de la Soummam. Ainsi se distinguent 05 principaux domaines :

- Une zone accidentée constituée par la chaîne du Djurjura/Chellata, qui représente un véritable écran pour le bassin de la Soummam développé au sud ; le passage vers ce bassin est marqué par des reliefs dominés par des maquis denses.
- Le domaine des reliefs littoraux qui se dressent parallèlement au rivage depuis Yemma Gouraya à l'Est jusqu'à Beni Ksila à l'Ouest.
- La vallée de la Soummam qui sépare les chaînes septentrionales et méridionales.
- La chaîne des Bibans, au sud de la Soummam, qui constituent une chaîne de montagnes depuis l'oued Bou Sellam à l'Est jusqu'aux reliefs du Titteri à l'ouest (wilaya de Médéa).
- La chaîne des Babors, au sud de la Soummam (à l'exception du lambeau de Gouraya),

qui forme une longue série de reliefs successifs depuis l'Oued Soummam jusqu'à la vallée de l'Oued Z'hor à l'Est (wilaya de Skikda).

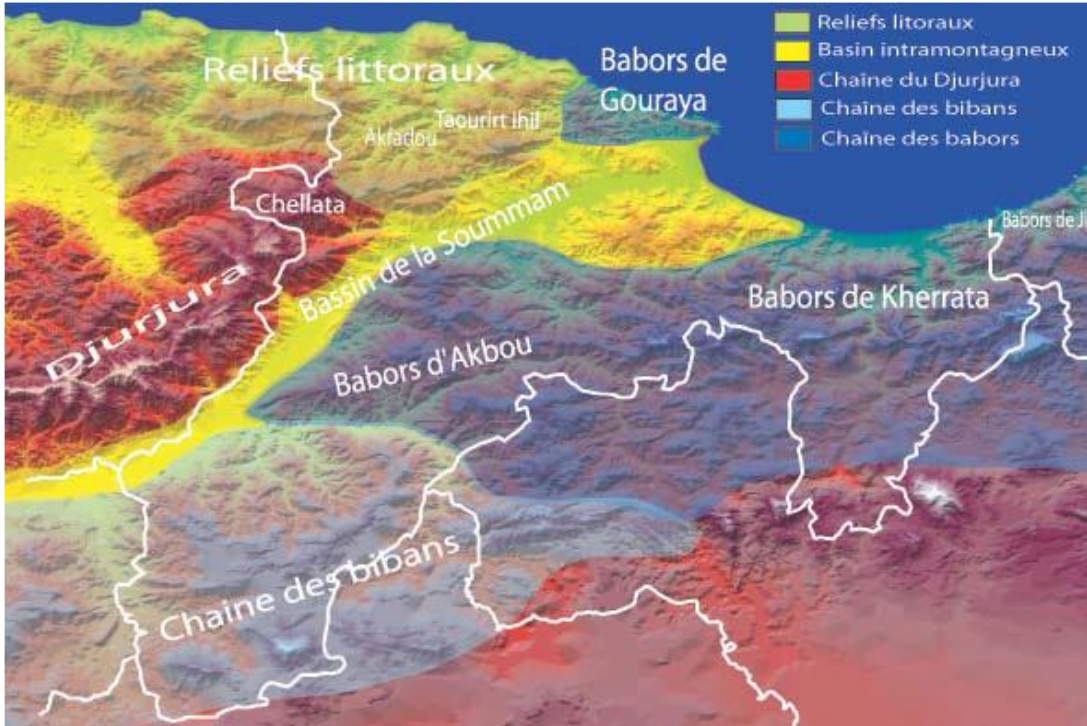


Figure 4: Les grands ensembles géomorphologiques dans la zone d'étude. (Belhai 2014).

2.2.2- Géologie des Babors

Le territoire de la région de Bejaia présente une géologie assez variée et complexe qui résulte essentiellement de l'action de la tectonique tertiaire. L'analyse des cartes géologiques permet de distinguer l'interpénétration de plusieurs unités géologiques qui appartiennent dans l'ensemble aux principaux domaines géologiques à la chaîne des maghrébides (Durand Delga et Fontobte 1980).

La géologie des Babors-Jijel ne diffère de celle de la Kabylie du Djurdjura que dans le détail, elle relève strictement du domaine interne des Maghrébides avec la succession de

trois ensembles structuraux qui s'agencent d'une manière générale suivant un ordre nord - sud :

- le domaine du socle cristallophyllien, dont le caractère autochtone est douteux,
- le domaine des nappes, qui concerne l'ensemble des terrains carbonatés jurassiques, flyschoids créacés et argilo-gréseux numidiens, très développés à l'Est et au sud du secteur étudié,
- le domaine post-nappes qui concerne essentiellement la façade sud de cette région.

Ce sont des ensembles fortement chahutés où le suivi des structures et des principaux axes tectoniques est très difficile. Mais l'analyse tectono-stratigraphique détaillée des principaux affleurements identifiés dans cette région permettra de suivre et de voir les interrelations entre la nature des formations et l'organisation des reliefs et du réseau hydrographique. Elle permet aussi de comprendre les interrelations entre la structuration géologique et le cadre biogéographique à l'origine des sites naturels de cette région à la fois littoraux et montagnards. Il est donc fondamental pour qu'une telle tâche se réalise d'établir une étude stratigraphique précise des principaux affleurements et d'examiner leurs styles tectoniques à la fois souples et cassants.

2.2.3. Stratigraphie

Parmi les traits les plus marquants de la géologie de cette région est celui de la nette opposition entre l'ensemble de Jijèl à l'Est et les deux autres ensembles à l'ouest (Babors et Taourirt). C'est une opposition qui relève de la prédominance du socle paléozoïque et des terrains numidiens dans toute la partie orientale du secteur étudié entre le Cap Cavallo à l'Est et l'oued Z'hor à l'ouest. Quant aux ensembles des Babors et de Taourirt, ils sont dominés par des terrains sédimentaires de calcaires jurassiques, de Flyschs créacés et de formations argilo- gréseuses numidiennes oligo-éocènes.

Cette opposition est sans doute liée à des événements tectoniques majeurs ayant affecté l'ensemble des régions telliennes littorales et sub-littorales et dont la plupart sont liés au

charriage et aux systèmes de plis chevauchants souvent caractérisés par des discordances et des contacts anormaux.

Pour avoir une idée claire sur l'évolution géologique de cette région nous avons fait appel aux cartes géologiques au 1/50.000ème couvrant les Babors et le Littoral Jijélien, particulièrement celles d'El Milia au 1/50.000ème, Sétif au 1/200.000ème et la carte géologique au 1/500.000ème de la feuille de Constantine. Ces cartes permettent de constater que la région des Babors - Jijèl depuis l'agglomération d'El Milia à l'Est jusqu'à l'embouchure de la Soummam à l'ouest est formée de terrains variés dont le style de la déformation est souvent difficile à comprendre et à suivre dans l'espace de cette région. Il s'agit généralement de schistes, de micaschistes et de phyllades faisant partie du socle métamorphique cristallin, de terrains carbonatés représentant la dorsale carbonatée du Constantinois et de terrains flyschoids faisant partie de la nappe des flyschs. L'ensemble de ces unités fait partie du domaine interne des Maghrébides qui se trouve souvent associé aux formations argilo-gréseuses numidiennes. Ceci sans oublier les terrains miocènes présents sur la façade sud et les formations néogènes affleurant sur les deux façades de cet ensemble.

Pour mieux suivre l'analyse de ces terrains, nous allons essayer d'établir une étude stratigraphique de toutes les formations signalées dans cette région et de suivre dans le détail, suivant l'ordre chronologique, les principaux affleurements de ce secteur.

- Le paléozoïque

Le substratum de cette zone est formé de terrains paléozoïques dont la plupart sont métamorphisés, il s'agit essentiellement de schistes granulitisés et micacés, de micaschistes, de phyllades gneissiques et de calcaires métamorphisés. Ce sont des faciès qui représentent les terrains les plus anciens de cette zone et l'équivalent du socle kabyle, comme il existe plusieurs faciès paléozoïques indéterminés dans cette région, mais qui pourront être dévoniens et permien.

Les terrains paléozoïques représentent l'essentiel de l'espace de cette zone et occupent la plupart des reliefs montagneux, particulièrement les reliefs de la façade nord de l'ensemble jijélien à l'Est, et ce à partir de la ligne des crêtes au nord de la ligne joignant en gros le Dj. Tamesguida au Dj. Zouagha.

Sur cette façade, ces terrains forment l'essentiel des affleurements paléozoïques développés entre l'oued Djenjen à l'ouest et l'oued Z'hor à l'Est. Quant à la partie ouest, dans les Babors et dans la région de Taourirt, à l'exception de certains faciès éruptifs, les terrains appartenant au socle n'affleurent nulle part et il est fort probable qu'ils n'existent qu'à l'état de petits pointements isolés à travers les deux ensembles occidentaux (Babors et Taourirt).

A noter que les terrains paléozoïques de cette zone, particulièrement à l'Est, sont bien couverts et possèdent les meilleurs sites naturels de cette région. Ils sont tous d'exposition Nord et face à la mer où la pluviométrie est forte et où la brise maritime peut compenser le déficit hydrique de la saison sèche de l'été.

- Le Secondaire

Le Secondaire dans cette région est représenté par les terrains triasiques, jurassiques et crétacés. Ce sont des terrains nettement moins représentés et moins affleurant que le socle métamorphique, particulièrement à l'Est dans la région jijélienne.

A l'ouest et au sud de la région jijélienne, par contre, ils sont plus développés et forment l'essentiel des paysages morphostructuraux. Il s'agit de faciès argilo-gypsifères triasiques, de terrains carbonatés jurassiques et de terrains crétacés, essentiellement flyschoids.

- Le Trias

Dans cette région, le Trias affleure dans plusieurs endroits, il est présent au sud du socle métamorphique de Jijel, à la limite de la ligne de crêtes joignant le Dj. Tamesguida à l'ouest au Dj. Zouarha à l'Est jusqu'aux berges de l'oued Kébir aux environs de Dj. Fortas au sud d'El Milia. Dans les Babors et dans l'ensemble de Taourirt à l'ouest, il est présent partout à travers les reliefs et s'associe souvent aux terrains jurassiques.

En effet, dans les Babors, comme dans l'ensemble de Taourirt, le Trias affleure souvent au contact des faciès carbonatés jurassiques ainsi qu'avec les terrains crétacés en suivant une direction presque constante Est-Ouest.

Le Trias de cette région, bien qu'il soit dominé par les faciès gypseux, il affleure sous plusieurs formes et constitue en général un complexe à faciès varié allant d'argiles bariolées aux faciès gypso-salins d'origine marine ou lagunaire. Comme il arrive de rencontrer des faciès triasiques d'origine éruptive telle que les diabases ophitiques de la région d'El Milia signalées par la carte géologique d'el Milia (Carte N° 29, levée en 1926 par M. F. Ehrmann et publiée en 1928).

- Le Jurassique

Les formations jurassiques marquent beaucoup plus les paysages des Babors et de Taourirt que la région de Jijel, elles sont souvent représentées par les calcaires du Lias inférieur et supérieur.

A l'Est, dans la région de Jijel, ces formations sont limitées aux lignes de crêtes au sud de Taher et à l'Est de Chehna en bordure de l'oued el Hedjadj et oued Djendjene, ainsi qu'aux alentours d'El Milia en bordure de l'oued el Kébir dans la zone d'El Betma au sud de l'endroit appelé Amrioune.

Quant à l'ouest, dans les Babors et dans l'ensemble de Taourirt, les terrains jurassiques représentent l'essentiel des paysages morphologiques développés dans les massifs de Dj. Tababor et Dj. Si Djaber au sud d'Aokas. A noter aussi que les escarpements et les gorges de Kherrata et de l'oued Agrioune sont en grande partie développés dans les calcaires jurassiques appelés par J. M. Villa (1977) nappe de Barbacha.

A noter aussi que ces terrains représentent souvent les points culminants de la région et dominant l'ensemble des paysages littoraux et méridionaux des Babors.

-Le Crétacé

Les terrains crétacés représentent l'essentiel des paysages de cette région, particulièrement les Babors et Taourirt. A l'Est, dans la région de Jijel, ils sont moins développés et n'affleurent qu'au sud de la ligne des crêtes Tamesguida-Zouarha. Ce sont des terrains dont l'âge s'échelonne du Crétacé inférieur au Crétacé supérieur et dont les faciès sont très variables suivant le temps et l'espace.

Les terrains crétacés forment l'essentiel des paysages de la région des Babors-Jijel. Ils sont bien illustrés par les différentes cartes géologiques couvrant ce secteur : la feuille de Constantine au 1/500.000ème, la carte de Sétif au 1/200.000ème et la carte d'el Milia au 1/50.000ème.

Au sud des ensembles de Taourirt et des Babors et d'une façon moins nette sur la façade nord de ces deux secteurs, les terrains crétacés appartiennent aux différentes nappes telliennes largement étudiées par J. M. Villa (1977). Ce sont généralement des terrains marins et continentaux récifaux et sub-récifaux marneux à marno-calcaires et marneux à boules jaunes qu'on peut suivre sur les deux façades à l'ouest et uniquement sur la façade sud de la région Jijelienne à l'Est. Dans cette zone, les formations crétacées sont généralement à faciès marneux à marno-calcaires, parfois à caractère flyschöid et dont l'âge varie de l'Aptien, le Néocomien-Barrémien à l'Albien.

- Le Tertiaire

Les terrains tertiaires concernent essentiellement les formations éocènes et oligocènes, les principaux affleurements sont signalés au sud des Babors pour la partie ouest, tandis qu'à l'Est ils sont présents sur les deux façades. Quant aux terrains mio-pliocènes, ils sont signalés essentiellement dans la partie Est dans la région de Jijel et sur les deux façades.

- L'Eocène et l'Oligocène

Les terrains éocènes et oligocènes sont souvent regroupés et étudiés ensembles, car ils présentent souvent les mêmes caractères et les mêmes faciès d'autant plus qu'ils sont dans la plupart des cas nappés et reposant par des contacts anormaux sur un substratum varié.

A l'Est, dans la région de Jijel, les terrains éocènes ne sont signalés qu'au sud d'El Milia, ils affleurent ici sous forme de conglomérats, de poudingues, d'argiles et grès et de calcaires marneux. Ce sont des faciès qu'on peut rencontrer sur les hauteurs sud de cette zone, particulièrement à l'Est de Dj. El Msid. Tandis que les terrains oligocènes, nous relevons qu'ils dominent les paysages de cette zone, particulièrement ceux développés à l'ouest et au sud de la ville de Jijel, ils sont également très développés dans la région de Taher et el Milia autour de Dj. el Msid et plus particulièrement dans la ligne des crêtes joignant Dj. Tamesguida à Dj. Zouarha et dans plusieurs points de la façade sud autour de Aïn M'zala.

Dans cette région, les terrains éocènes et oligocènes sont dominés par les formations gréseuses et argilo-gréseuses appelées « formations numidiennes ».

A l'ouest, dans les Babors et dans l'ensemble de Taourirt, ils sont nettement moins développés et n'affleurent que localement au sud de Tichy et sur quelques reliefs de l'ensemble de Taourirt sur la rive droite de la Soummam. Cependant, malgré la présence de ces terrains sur la façade sud de cette zone, nous relevons qu'ils sont éparpillés et ne forment de véritables ensembles que dans la région de Dj. Tanouar au sud-ouest de Kherrata et au nord d'Aïn Roua. Ce sont généralement des terrains à caractère gréseux à argilo-gréseux de type numidien également.

- Le Miocène et le Pliocène

Les principaux affleurements miocènes de cette zone sont signalés au sud de Dj. Tamesguida (carte géologique de Sétif au 1/200.000ème levée par J. M. Villa et publiée en 1977), ils affleurent sous des faciès variés, bien qu'ils restent dominés par des marnes burdigaliennes. Ils affleurent également au sud de Dj. Zouarha et dans la région de Sidi Merouane sur la façade sud de ce secteur. Ce sont généralement des terrains marins à faciès marneux à marno-calcaires localement.

Nous rencontrons également dans la région de Jijel, des terrains marins argilo-marneux fini-miocènes à pliocènes appelés marnes sahéliennes, particulièrement entre oued Nil et oued Djenjen à l'Est et au sud-est de la ville de Jijel. Nous retrouvons aussi d'autres faciès

continentaux d'âge mio-pliocène très développés sur la façade sud de Dj. Zouagha aux alentours de Mila et sur la bordure sud de cette façade à la limite du bassin d'el Eulma.

- Le Quaternaire

Le Quaternaire dans cette zone est représenté par des formations marines et continentales variées. Il n'est bien développé que sur la façade littorale et à l'intérieur des vallées, particulièrement celles des oueds Bou Sellam, la Soummam, Agrioune, Djenjen, Nil, el Kébir et Z'hor.

Il s'agit généralement de plusieurs générations d'alluvions argilo-limono-sableuses souvent alternées avec des niveaux détritiques. Il existe aussi d'autres formations quaternaires, mais d'origine marine ou du moins liées à la dynamique littorale, ce sont généralement des dunes peu ou pas consolidées qui affleurent dans plusieurs endroits de cette zone particulièrement dans la zone littorale et à l'embouchure des principaux oueds, tels que la Soummam, Djenjen, el Kébir et Z'hor. D'autres faciès marins affleurent également dans cette zone sous forme de lumachelles ou de grès coquillés, mais qui ne sont rencontrés que très localement à quelques dizaines de mètres du trait de côte sur la nouvelle route nationale N°12 Jijel – Constantine et très localement sur la route reliant Béjaïa à Jijel.

- Les terrains éruptifs

Les terrains éruptifs sont représentés dans cette zone par :

- des granites, des microgranites tertiaires et des microgranodiorites très développés à l'Est et autour d'El Milia,
- des diabases ophitiques du Trias affleurant au sud d'El Milia et dans plusieurs points de ce secteur, mais à caractère éparpillé,
- plusieurs pointements granitiques sont également signalés à l'aval d'oued Amizour et sur plusieurs reliefs développés autour de Tichy.

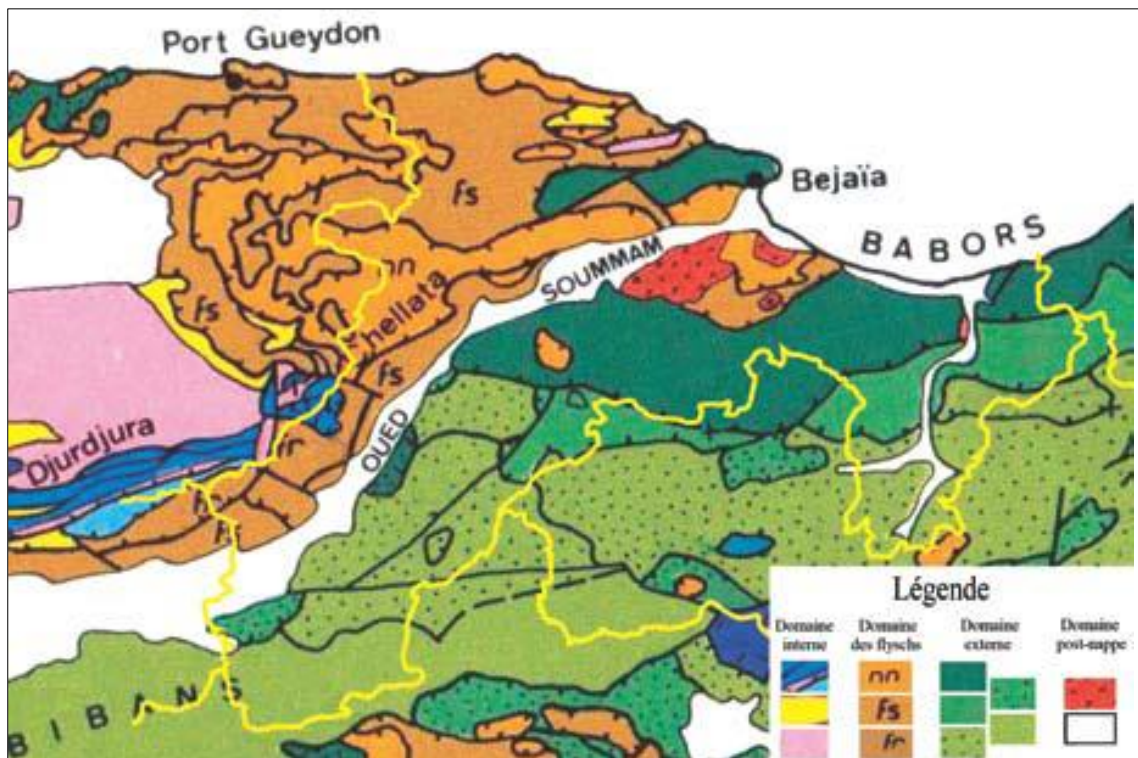


Figure 5: Ensembles géologiques de la zone d'étude (Wildi 1983).

2.2.4. Tectonique

Les déformations affectant l'ensemble des terrains étudiés sont très difficiles à examiner, ceci relève de la superposition d'un grand nombre de phases tectoniques dont il est difficile de séparer et de distinguer la part de chacune d'elle. Il y a des marques de la déformation datant de la période anté-nappes, d'autres datent de la mise en place des nappes de charriage, comme il arrive de constater des marqueurs de la tectonique post-nappes.

Les marqueurs de la déformation souple sont les plus nombreux dans cette zone, ils sont rencontrés partout à travers le secteur étudié, ils sont soulignés par l'importance du pendage et les nombreux chevauchements des couches observés dans la plupart des terrains étudiés : paléozoïques, mésozoïques et cénozoïques et plus particulièrement ceux ayant subi le charriage. Ceci est d'ailleurs valable pour la majeure partie des terrains de cette zone,

fortement dominée par les formations charriées. Toutefois, il faut bien noter qu'il est difficile dans cette zone de mettre en place les principaux axes tectoniques, anticlinaux et synclinaux, pour pouvoir chercher à proposer un schéma tectonique global de ce secteur. C'est une zone fortement déformée et chahutée où les reliefs ont subi à plusieurs reprises les effets de la déformation à la fois souple et cassante.

Les failles dans ce secteur affectent tous les terrains, particulièrement les formations paléozoïques et mésozoïques, même le Tertiaire a vu la mise en place de plusieurs failles et d'ouvertures tectoniques responsables de la mise en place des formations éruptives tertiaires, telles que les granites d'El Milia. A noter aussi que la plupart des failles rencontrées dans ce secteur ont la même direction que celles rencontrées à travers l'ensemble du domaine tellien, elles sont généralement E-W à NE-SW, comme il arrive de voir d'autres directions mineures NNE-SSW ou NW-SE.

2.2.5. Hydrologie et hydrogéologie

La région des Babors-Jijel peut être considérée, sur le plan hydrologique et hydrogéologique, comme une zone privilégiée par rapport au reste du domaine tellien, ceci est dû au fait que cette région reçoit une pluviométrie supérieure à 700mm en moyenne annuelle et au fait que plusieurs oueds importants traversent ce secteur. Parmi les plus importants oueds de cette zone, nous citons oued Soummam à la limite occidentale des Babors, O. Agrioune au centre de ce secteur, O. Djendjene, O. Nil, O. el Kébir tous développés dans la région de Jijel et oued Z'hor qui constitue la limite orientale de cette même zone.

Le réseau hydrographique de cette région s'organise d'une manière générale suivant une direction Sud-Nord et possède un profil à pente forte débutant dans la chaîne des Bibans et dans les monts de Constantine au sud.

Ce sont des oueds qui ont un débit très important et reçoivent plusieurs affluents du domaine montagneux, soit des Bibans pour les ensembles des Babors et Taourirt à l'ouest, soit des monts de Constantine pour la région de Jijel à l'Est.

Parmi les affluents les plus importants qui alimentent cette région nous citons à titre d'exemple les oueds Bou Sellam (affluent de la Soummam), O. Menaounef, O. Berbech (affluents de l'oued Agrioune), l'oued Bou Kraa, O. Chekfa et O. Azemmour (affluents de l'oued Nil), les oueds ech Chettara, Melloul et el Djor (affluents de l'oued Djendjene), les oueds er Rhumel, Smendou, Enndjas et Irdjana (affluents de l'oued el kébir).

L'importance des impluviums cités ci-dessus justifie en grande partie la richesse de cette région en réserves en eaux à la fois superficielles et souterraines, particulièrement l'ensemble de Jijel à l'Est.

Notons aussi que la plupart des vallées du secteur étudié, si ce n'est la totalité, ont une pente forte d'amont en aval et ils ne perdent de leur déclivité qu'à l'aval à la limite du rivage méditerranéen. La faiblesse de la déclivité des oueds au niveau de la marge littorale (généralement inférieure à 3%) justifie la présence d'un grand nombre de lacs, de marais et de méandres (ex des lacs de Redir el Merdj et Redir Afalaz), particulièrement au niveau de la plaine littorale de Jijel à l'Est. Cette situation fait de cette zone un milieu humide privilégié et le prédispose pour la création de sites naturels même au niveau de la plaine.

Notons enfin que grâce à l'importance des vallées dans la région de Jijel, plusieurs morphologies, notamment celles des berges, des terrasses, et des marécages se sont développées à l'aval de la plupart des vallées de ce secteur. Ceci en plus de quelques formes dynamiques développées à l'intérieur des lits d'oueds tels que le sapement des berges, le creusement et la création de méandres et de bras d'oueds dont certains sont actifs, d'autres sont morts. Parmi les meilleurs exemples nous citons ceux des oueds Nil, Djendjene et el Kébir.

Quant aux oueds de la partie ouest, ils sont dans la plupart des cas des oueds fortement encaissés et à pente très forte, le meilleur exemple est celui de l'oued Agrioune qui n'arrive à former une plaine que sur une bande étroite aux alentours de Souk el Tenine. Les autres oueds et à l'exception de la Soummam, ne sont en réalité que des ravins ou de petits oueds

qui n'arrivent à franchir les reliefs littoraux qu'après avoir perdus l'essentiel de leur potentiel érosif. Sinon les autres oueds, ne sont en réalité que de petits ravins qui prennent naissance sur les premiers versants exposés face au nord généralement à moins de cinq kilomètres du rivage méditerranéen.

2.3.1. Géologie Djurdjura

La structuration géologique de la Kabylie occidentale est l'une des plus compliquées du Maghreb, c'est une région où se superposent plusieurs domaines et plusieurs modèles structuraux appartenant au domaine interne des Maghrébides (Durand Delga, 1969).

A travers l'analyse stratigraphique et tectonique de cette chaîne montagneuse nous essayerons de suivre les caractères morphostructuraux de cette région et de vérifier par la même le découpage morphologique et les conditions morphodynamiques de cette partie du Tell central.

Dans cette région, il est certain que le découpage des reliefs proposé précédemment soit lié au découpage des ensembles structuraux de la Kabylie occidentale proposé par la plupart des géologues ayant étudié cette zone. Ces études ont montré en effet une parfaite concordance et une entière superposition entre les deux découpages que nous allons essayer de vérifier à travers l'étude de la stratigraphie et de la tectonique de cette région.

2.3.2. Stratigraphie

Comme souligné ci-dessus, la Kabylie occidentale appartient dans sa totalité au domaine interne des Maghrébides, c'est une zone où s'agencent plusieurs ensembles structuraux et du nord au sud. Il s'agit de l'ensemble des flyschs nord Kabyles, suivi du socle lui-même délimité au sud par la dorsale calcaire qui se termine par les flyschs sud Kabyles en bordures de la Soummam au sud. Ce découpage montre que l'agencement des ensembles topographiques étudiés se justifie parfaitement par la répartition des ensembles structuraux du domaine interne des Maghrébides (Durand Delga, 1969). Ce sont du nord au sud les

ensembles suivants :

a. Le domaine des flyschs nord kabyles

Ce domaine, bien que formé de terrains variés, il est dominé en grande partie par les flyschs appelés « flyschs nord kabyles ». Ces flyschs concernent l'ensemble des reliefs littoraux et affleurent sur une large partie de la façade littorale depuis la région de Boumerdes à l'ouest jusqu'aux littoraux de Bejaia à l'Est en transitant par les reliefs de Dellys et d'Azeffoune au centre.

b. Le domaine du socle

Ce domaine concerne tous les terrains métamorphiques développés au centre de la Kabylie occidentale, particulièrement le bassin du Sebaou autour de Tizi Ouzou et Dj. Aïssa Mimoune et les reliefs de l'extrémité occidentale de cette région autour de Thénia et Béni Amrane. Ce sont surtout des Micaschistes et des Gneiss qui forment le socle de cette région. L'analyse stratigraphique détaillée développée ci-dessous fera le point sur les principaux faciès du socle affleurant dans cette région.

c. Le domaine de la dorsale

Définie, comme étant un domaine particulier de la chaîne kabyle, la dorsale carbonatée correspond au Djurdjura qui se différencie et se particularise de l'ensemble de la Kabylie occidentale, non seulement par ses faciès carbonatés mais également par la morphologie et la dynamique de ces principales composantes morphostructurales.

L'analyse des faciès carbonatés formant cette dorsale sera débattue également avec la stratigraphie de l'ensemble des affleurements de la région étudiée.

d. Le domaine des flyschs sud kabyles

Comme pour les flyschs nord kabyles, ce domaine est représenté par l'ensemble des terrains

qui affleurent sur la retombée sud de la dorsale carbonatée (versant sud du Djurdjura) et qui seront analysés avec la stratigraphie des autres domaines. Ce domaine constitue l'ensemble des reliefs développés sur la rive gauche de la Soummam depuis son embouchure à l'Est (Béjaïa) jusqu'au bassin de l'Isser dans la région de Lakhdaria à l'ouest.

Ce domaine, bien que formé de faciès variés, il est représenté essentiellement par des terrains flyschoides et grésos-quartzeux qui affleurent le long de cette façade sud, particulièrement les reliefs de Sidi Aïche, Irhzer Amokrane, Akbou et Tazmalt.

Le Paléozoïque

Le Paléozoïque dans cette région est représenté par des terrains variés dont les schistes argileux, les phyllades et quartzites, les calcaires cristallins et des bancs de quartzite qu'on peut suivre à travers les hauteurs de Dj. Aïssa Mimoune et de Dj. Belloua au nord de Tizi Ouzou et à travers quelques pointements éparpillés au sud de Draa Ben Khedda. Ces terrains sont azoïques et sont datés de Précambrien ([M. Ficheur & J. Savornin ,1903](#)).

Le socle affleure aussi sous forme de micaschistes, de gneiss, de granulites gneissiques, de schistes micacés et graphiteux et de calcaires cristallins, ceci sans parler de certains faciès de détail. Ces faciès constituent l'essentiel des terrains développés autour de Aïn el Hammam, de Larbaa Nat Irathène, Béni Yenni et le haut bassin versant de l'oued Boubehir. Ils forment également les terrains développés au nord de Boghni, le pays des Béni Douala et l'essentiel des bassins versants de l'oued Assif Tarhzout-Tleta et l'oued Assif Agouni Ahlou, ceci sans oublier les reliefs développés autour de Thénia et Béni Amrane et les quelques rares affleurements du socle autour de Boumerdes.

Ce sont en général des terrains siliceux rarement carbonatés, car même les calcaires paléozoïques sont fortement cristallisés. La prédominance des roches siliceuses dans cette région justifie le caractère répandu des sols siliceux développés sur la plupart des versants et des replats structuraux du socle.

Le Secondaire

Le Secondaire est représenté dans cette région par des faciès variés et d'âges différents allant du Trias et du Jurassique jusqu'au Crétacé supérieur.

Le Trias

Le Trias dans cette région affleure sous plusieurs faciès, il est représenté essentiellement par des grès rouges qui affleurent abondamment sur la route de Bousguen au sud d'Azazga et dans le Col de Chellata au sud-est de Aïn el Hammam et dans le Djurdjura. Nous retrouvons ces terrains également le long de la dorsale calcaire du Djurdjura depuis les hauteurs d'Akbou à l'Est jusqu'aux hauteurs de Tala Guilef à l'ouest. Ils sont souvent associés à la dorsale et affleurent fréquemment entre celle-ci et le socle. Il existe également des faciès gypsifères qui affleurent au contact de la dorsale carbonatée du Djurdjura.

Il est à noter que le Trias de cette région n'est étudié ici qu'à titre indicatif, car il existe encore beaucoup de confusion et de controverses concernant la cartographie de tous les affleurements, leur position stratigraphique, leur style tectonique et leurs conditions de mise en place.

Le Jurassique

Souvent associés à la dorsale carbonatée, les terrains jurassiques, essentiellement calcaires liasiques, affleurent dans plusieurs endroits de cette région. Ils affleurent dans le Col de Chellata et plus particulièrement dans les hauteurs du Djurdjura au nord de Tikdja et autour du Lac Goulmine au sommet de ce massif. Ce sont des calcaires qui affleurent le long du Djurdjura sur plusieurs dizaines de kilomètres depuis les hauteurs de Sidi Aïch à l'Est jusqu'aux escarpements calcaires ou conglomérats calcaires de Tala Guilef à l'ouest.

Le Crétacé

Le Crétacé est fortement représenté dans cette région, il affleure sur la façade nord comme

sur la façade sud de la Kabylie occidentale, mais il est rare, voire absent dans le bassin du Sebaou.

Sur les façades nord et sud il affleure sous forme de flyschs et d'argiles schisteuses intercalés parfois de bancs de grès quartziteux, ce sont des faciès qui forment les terrains de la nappe des flyschs nord et sud kabyles.

Sur la façade nord, ces terrains sont rencontrés dans l'ensemble du pays des Béni Djennad el Bahr depuis Azeffoune à l'Est jusqu'aux reliefs développés autour de Tala Oufella au sud de Cap Tedlès à l'ouest. Ils réapparaissent plus à l'ouest dans plusieurs points autour de Dellys après une absence au centre de cette façade dans la région de Béni Ouaguenoun entre Tigzirt et la pointe de Sidi Slimane.

Sur la façade sud, ces terrains affleurent dans la plupart des versants développés au sud du Djurdjura, dans toute la zone coincée entre Sidi Aïch à l'Est jusqu'aux reliefs développés autour de Lakhdaria à l'ouest en passant par la zone centrale de cette façade entre Akbou, Bouira et Draa el Khémis.

Ce sont des terrains siliceux sur lesquels poussent localement des maquis de chêne vert, de pin d'Alep de thuya et de lentisque en plus de plusieurs cortèges floristiques qui forment les maquis et les paysages forestiers de cette région.

Notons également que ces terrains sont fortement marqués par des formes d'instabilité et d'érosion ravinante, rendues faciles grâce à la fragilité des flyschs, l'importance des pentes et l'agressivité des pluies.

Le Tertiaire

Le tertiaire est représenté par des terrains à faciès variés et d'âges différents, il y a des formations éocènes, oligocènes, miocènes et pliocènes et dont chacune possède ses propres

caractères lithologiques et tectoniques. A cet effet, il faut bien rappeler le caractère allochtone d'un grand nombre de terrains tertiaires de cette région, surtout ceux de l'Eocène, l'Oligocène et du Miocène en partie. L'analyse détaillée des faciès des différents étages tertiaires permet de distinguer et de suivre les spécificités de chacun d'eux.

Il est à noter que la difficulté majeure rencontrée pour l'étude de ces terrains est celle de la confusion d'âge constatée au niveau des cartes géologiques de cette région, surtout entre les terrains éocènes, oligocènes et miocènes (inf). Ainsi s'explique pourquoi nous avons axé ce travail sur l'analyse des faciès sans se pencher trop sur le problème d'âge ni sur le caractère allochtone de ces terrains.

L'Eocène et l'Oligocène

Souvent en contact anormal et confondu avec l'Oligocène, l'Eocène affleure dans la plupart des régions de la Kabylie occidentale, il est présent surtout sous forme de grès numidiens qui affleurent dans plusieurs versants de la façade littorale entre Béjaïa à l'Est et Dellys à l'ouest et dans la plupart des terrains développés à l'Est d'Azazga, ils affleurent aussi localement sur la façade sud du Djurdjura, particulièrement autour de Draa el Mizane et dans le bassin du Sebaou, mais en pointements isolés, particulièrement sur la rive droite. Ces grès sont parfois associés aux argiles « argiles et grès numidiens ». Ce sont également les poudingues et grès qui affleurent dans plusieurs endroits à l'Est de Aïn el Hammam et autour de Draa el Mizane souvent au contact du socle. Il y a également des marnes, des grès et des calcaires éocènes qui affleurent dans la plupart des régions de la Kabylie occidentale, particulièrement sur la façade littorale et sur la façade sud du Djurdjura.

Les terrains éocènes sont représentés dans la carte géologique au 1/500.000ème (feuille d'Alger) dans l'Oligocène qui inclut cet étage avec l'Eocène supérieur. Quant aux cartes géologiques au 1/50.000ème de cette région, elles ne mentionnent nulle part l'Oligocène et le confond avec l'Eocène.

Le Miocène

Les terrains miocènes sont très répandus dans cette région et affleurent sous plusieurs faciès. Ils affleurent à la base avec des poudingues qui forment un grand nombre de versants développés sur les deux rives de l'oued Sebaou particulièrement à l'ouest de Dj. Aïssa Mimoune et aux environs du lieu appelé Hadjmaden au sud de Dj. Agouni Hakoucha.

Ces formations sont surmontées par des grès et des marnes qui affleurent dans plusieurs points aux environs de Dellys et à l'Est d'Azeffoune et sur le versant sud de Dj. Agouni Hakoucha sur la rive droite du Sebaou. Toutes ces formations appartiennent au Miocène inférieur et sont couvertes localement par d'autres poudingues eux-mêmes transgressés par des marnes carténiennes qui affleurent essentiellement dans le bassin du Sebaou depuis la région de Fréha à l'Est jusqu'à l'embouchure de l'Isser et la région de Thénia à l'ouest.

La stratigraphie des terrains miocènes dans cette région s'achève par des argiles bleues sahélo-pliocènes qui affleurent abondamment autour de Tizi Ouzou et à l'ouest de cette ville dans le bassin du Sebaou et plus particulièrement dans la région de Bordj Menaiél jusqu'au bas Isser.

Le Pliocène

Le Pliocène affleure partout à travers cette région, il est soit marin, soit continental. Le Pliocène marin n'est développé que sur la façade littorale, il affleure sous forme d'argiles, de lumachelles et de sables coquilliers aux environs de l'embouchure du Sebaou et surtout de l'Isser. Il affleure aussi dans les autres littoraux de cette région, sauf qu'il est limité et discontinu.

Quant aux formations continentales, nous les rencontrons à travers les zones littorales comme à l'intérieur du continent, elles concernent généralement les alluvions et les formations superficielles, qui parfois se confondent avec les dépôts quaternaires.

Le Quaternaire

Les formations quaternaires sont rencontrées à travers toute la région étudiée, elles sont essentiellement alluvionnaires, particulièrement dans les principales vallées (Sebaou, Isser et Soummam...) et colluvionnaires sur l'ensemble des terrains montagneux.

Il arrive aussi de rencontrer localement des formations marines, mais ceci ne concerne généralement que la façade littorale et plus particulièrement la zone de rivage.

Il existe également d'autres héritages quaternaires spécifiques, tels que les formations périglaciaires souvent liées aux zones d'altitudes (généralement supérieures à 1700m) et des formations travertineuses et karstiques liées aux principaux karsts de la région, tels que le Djurdjura (hauteurs de Tikdjda et autour du Lac Goulmine..).

Les terrains éruptifs

L'affleurement des terrains éruptifs dans la Kabylie occidentale concerne essentiellement la région de Cap Djinet, Dellys, le sud de Bordj Ménaïel, Thénia, Larbaa Nat Irathène et quelques petits affleurements autour d'el Kseur.

Ces terrains datent d'épisodes différents, ils sont soit paléozoïques, ex des terrains granitiques, pegmatitiques et les granulites paléozoïques de la région de Larbaa Nat Irathène, soit oligocènes, ex de quelques petits pointements basaltiques autour de Dellys, soit miocènes, ex des andésites et labradorites du Bas Sebaou, de la région de Cap Djinet et Dellys. Il existe aussi quelques affleurements basaltiques à l'entrée de Cap Djinet, probablement d'âge plio-quaternaire.

2.4 Caractérisation bioclimatique de la région de Bejaia

Le climat méditerranéen est caractérisé par un été chaud et biologiquement sec (Daget, 1984).

C'est essentiellement en fonction des précipitations, des températures et de la période sèche que le climat est découpé en niveaux bioclimatiques (Quezel, 1979). Pour être significatifs, ces critères de pluviosité et thermiques sont représentés sur des climagrammes dont celui d'Emberger est, sans doute, le plus classique et le plus utilisé en région méditerranéenne (Achhal et al. 1980).

S'il est établi que l'altitude soit le facteur essentiel de la répartition spatiale des précipitations, il n'en demeure pas moins que celles-ci sont sous l'influence d'autres facteurs, tels que la proximité de la mer, l'orientation des versants et l'encaissement du site dont il est difficile de quantifier l'influence. C'est ainsi, par exemple qu'il pleut plus à El Kseur (787 mm) qu'à Seddouk (615 mm) alors que cette dernière station est à une altitude supérieure de près de 400 m à celle de la première. La proximité de la mer semble avoir plus d'influence sur les précipitations que l'altitude. De même, l'encaissement a joué énormément au niveau de la station d'Oued Marsa (aux environs d'Aokas). En effet, elle reçoit une précipitation de plus de 1000 mm pour une élévation quasi nulle de 60 m (Seltzer, 1946).

A l'instar de l'ensemble du territoire algérien, la région de Bejaia est dépourvue de postes d'observations météorologiques exception faite de la station de Bejaia et de celle de Sidi Aich, ce qui rend indispensable le recours à des estimations à l'aide de gradients altitudinaux en utilisant les données de Seltzer (1946). L'essentiel des données relatives à la pluviosité sont extraites des stations anciennes (Seddouk, Ain Ourcinef, El Kseur, Tifra et Akbou) de la période (1913-1938) consignées dans la référence de Seltzer (1946)

En absence de données thermiques, nous nous contentons pour le territoire de la wilaya de Bejaia de celles de la station récente de Sidi Aich et de celles des données anciennes des stations d'Oued Marsa (environ d'Aokas) et de Ain Ourcinef localisée sur les hauteurs de la ville de Tichy à 1 km environ de la cote. En dehors des localités de la frange littorale,

nous avons volontairement évité l'utilisation des données de la station de Bejaia du fait qu'elle présente un régime différent du climat de nos sites plus continentaux et ce malgré la disponibilité d'une longue série d'observations récentes (1970-2017). Les données des stations d'Ain Ourcinef et Oued Marsa ont été extraites de Seltzer (1946), elles correspondent à la période 1913-1938. Pour Sidi Aich, celles-ci sont fournies par l'ONM de Bejaia, elles couvrent une période de 9 années (2000-2008).

Les données des stations de Tababort (1969 m), de Takoucht (1896 m) et Tameridjet (472 m) reprises de Bougaham et *al.* (2015) sont obtenues par extrapolation à partir des données de la station d'Oued Marsa consignées dans (Seltzer, 1946) pour la période 1913-1938) pour les températures et Kherrata pour la pluviométrie. Notons que ces extrapolations sont faites pour les sommets montagneux des stations, il est probablement plus correct de prendre l'altitude moyenne.

Les gradients pluviométriques et thermiques utilisés sont ceux de Seltzer (1946) pour le tell et le littoral algériens. Ils sont de 40 mm pour une élévation altitudinale de 100m pour la pluviosité, de 0.4°C/100 m pour m (moyenne des minima du mois le plus froid) et de 0.7°C/100 m pour M (moyenne des maxima du mois le plus chaud).

Pour une approche bioclimatique de notre zone d'étude (région de Bejaia), nous retenons le système d'Emberger (1971), conçu spécialement pour la région méditerranéenne. Nous rappelons que ce système est basé sur le principe que les précipitations annuelles (P) sont le moyen le plus simple pour caractériser la sécheresse et que la vie végétale se déroule entre deux pôles thermiques : moyennes des maxima du mois le plus chaud (M) et moyenne des minima du mois le plus froid (m) (tableau 8). La combinaison de ces deux éléments aboutit au quotient pluviothermique d'Emberger :

$$Q_2 = 1000 P / [(M-m) (M+m)/2] \text{ avec : } P \text{ (mm) ; } M \text{ et } m \text{ (} t^0 \text{ K= } t^0 \text{ C} + 273.15)$$

D'une manière générale, ce quotient exprime la sécheresse (ou l'humidité) du climat. Il est d'autant plus grand que ce dernier est humide. Mais, comme la valeur brute de ce quotient ne peut à elle seule nuancer la valeur bioclimatique de chaque station, son auteur introduit

le froid hivernal comme facteur différentiel (Daget, 1977). Ainsi, le bioclimat de chaque station est explicité par la simple projection des deux valeurs (Q_2 et m) sur le climagramme d'Emberger.

Selon ce principe, nous avons représenté sur le climagramme d'Emberger un ensemble de localités assez représentatif du territoire de la région de Bejaia. Les données pluviothermiques requises pour l'estimation du Q_2 (tabl. I) ont été obtenues par extrapolation à partir des stations réelles de référence. Pour chaque site, le choix de la ou les station (s) de référence a été effectué en tenant compte de la disponibilité des données, de la proximité du site et de la distance à la mer.(figure 6)

Tableau 8: Caractéristiques climatiques des différentes localités de la région de Bejaia.

Localités	Alt. (m)	P (mm)	M (°C)	m (°C)	Q_2 Emberger
Sidi Aich	99	669	37.4	5.4	70.98
Leflaye	282	741	36.1	4.3	79.43
Akfadou	749	1053	32.9	2.8	120.22
Chemini	266	733	36.3	4.8	79.23
Ouzellaguène	193	480	36.7	5	51.50
Amizour	392	902	33.7	5.2	108.17
Tagma (Boukhelifa)	420	1035	29.6	5.3	146.57
Seddouk	359	615	35.7	4.4	67.01
Beni Maouche	919	782	32	2.4	90.99
Tazmalt	231	494	37.3	5.3	52.43
Beni K'sila	15	702,00	30,05	9,38	115,97
Cap Sigli	35	780,00	29,80	9,30	129,99
Ifrane	380	945,77	27,59	5,97	150,88
Ait Smail	630	867,00	34,10	5,00	101,79
Bejaia	2	795,00	30,20	7,50	119,94
El Kseur	85	787,00	35,40	5,50	89,65
Akbou	280	621,00	37,50	4,90	64,72
Agoulmime Aberkane	1265	1277,40	25,63	2,31	190,78
Col de Chellata	1460	1059,00	24,50	1,90	164,32
Tababort	1969	1694,00	19,15	0,00	311,26
Takoucht	1896	1665,40	19,34	0,10	307,60
Tameridjet	472	1095,80	29,12	5,65	160,70

Toutefois, il y a lieu d'indiquer que l'essentiel des sites sont cantonnés dans la variante tempérée des bioclimats semi-aride (Tazmalt, Ouzellaguène, Seddouk, Akbou et Sidi Aich) et subhumide (Leflaye, Chemini et Amizour, Ait Smail et El Kseur). La localité de Beni Maouche se localise dans la frange fraîche du bioclimat subhumide du fait de son altitude élevée. Les stations de la frange littorale (Bejaia, Beni Ksila et Cap Sigli) sont les seules à occuper la variante chaude du climat de la région. Les sites correspondant à l'humide (Akfadou, Col de Chellata, Agwelmime Aberkane, Tababort et Takoucht) dans l'humide frais et (Tagma, Ifrane et Tamrijet) dans l'humide tempéré correspondent aux sites les plus alticoles.

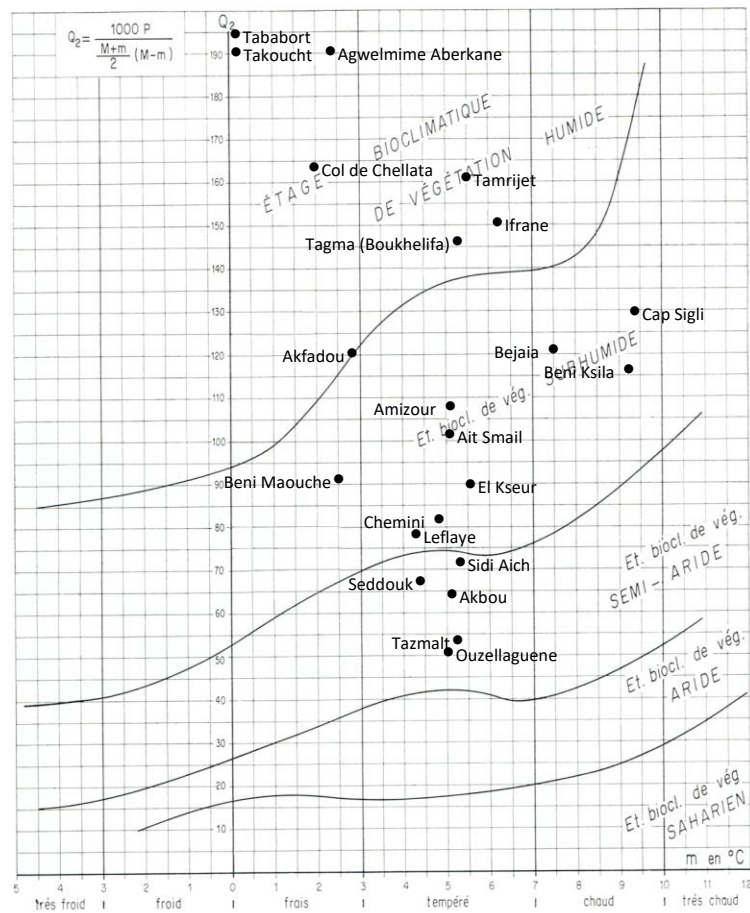


Figure 6: Positions de quelques localités de la région de Bejaia sur le climagramme d'Emberger extrait de Long (1974).

2.5. Végétation et occupation des sols

Selon le rapport du schéma directeur d'aménagement de la wilaya de Bejaia établie par le Bureau National d'Etudes pour le Développement Rural (B.N.E.D.E.R) en 2008 .Ce dernier s'est basé sur une réaffectation des terres en fonction des potentialités, des contraintes et des objectifs d'une utilisation rationnelle et équilibrée de l'espace et des ressources. Il est destiné à constituer le cadre de référence et d'orientation pour la mise au point d'un plan d'actions d'aménagement et de développement spécifiques à chaque wilaya.

Les zones homogènes, telles qu'elles ont été définies dans les phrases antérieures correspondent pour le plus grand nombre d'entre elles, à de grands territoires homogènes. Elles sont insuffisamment adaptées pour servir de cadre spatial à la confection d'une carte d'affectation des terres : superficies trop vastes, homogénéité correspondant à une typologie dominante qui peut comporter plusieurs entités à potentialités et vocations différentes.

2.5.2 Découpage de la wilaya en zones

Le territoire de la wilaya de Bejaia a été devisé en zone homogène comme suit :

- Massifs côtiers Ouest Bejaia
- Massifs côtiers Est Bejaia
- Versants ouest de la Soummam
- Mont de Seddouk
- Mont de Ighil Ali
- Vallée de la Soummam

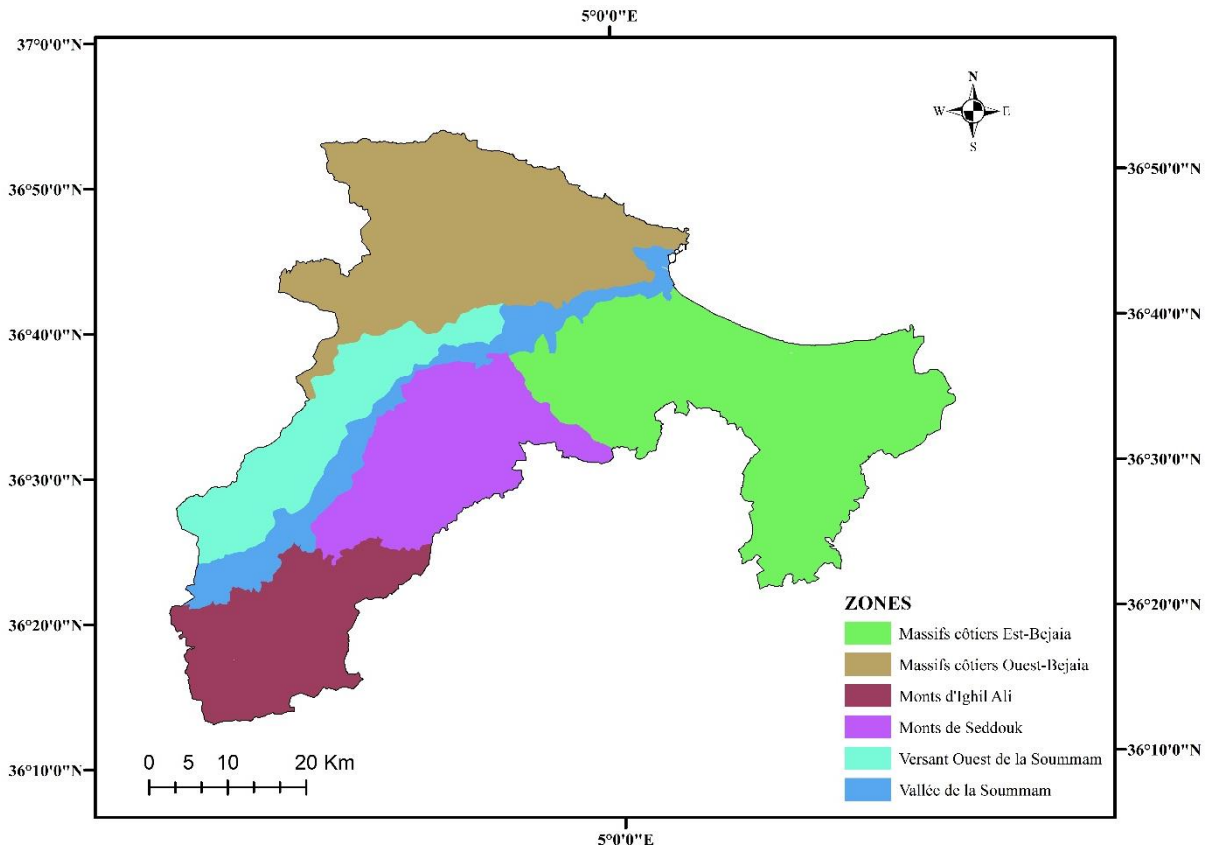


Figure 7:carte des zones homogène de la wilaya de Bejaia (B.N.E.D.E.R ; 2008)

a) Massifs côtiers Ouest Bejaia

D'une superficie de 80.108 ha, ce massif représente le prolongement naturel des massifs forestiers de l'est de la Wilaya de Tizi Ouzou. Le relief est caractérisé par une succession de chaînons boisés à très fortes pentes, généralement supérieures à 25% d'orientation Ouest –Est. La zone s'encadre entre la mer méditerranéenne au nord, la wilaya de Tizi Ouzou à l'ouest, au sud par les hauts versants de la Soummam et à l'est par la vallée de l'oued Soummam. Avec des altitudes de 0 à 900 m et culminent à Azerou 1542 mètres.

Sur le plan géologique, la lithologie est marquée par la présence de grès dans la moitié Ouest et les flysch et calcaires friables dans la moitié Est.

L'occupation du sol à dominance forestière représente 50.184 ha de terres forestières (63%)

de la superficie totale de la zone. Surface qui ne tient pas compte de 1034 ha d'occupation agro pastorale et l'occupation non forestière compte 29924 ha soit 37%, constituée par l'agriculture de montagne (association, oliviers, cultures) et de parcours de montagne en forêt et hors forêt.

Les forêts de la zone au nombre de 17 présentent les caractéristiques suivantes :

- **Forêt domaniale de Bouhattem (8460 ha)**

Forêt dégradée par les incendies répétés, elle est actuellement réduite à des peuplements clairsemés vieilliss et à des maquis arborés et maquis purs sur les 2/3 de son étendue.

Les forêts proprement dites sont de vieilles futaies claires et de jeunes futaies également clairsemées.

Le chêne liège représente 5258 ha reparti :

- 4625 ha de vieilles futaies claires
- 172 ha de vieilles futaies denses
- 603 ha de jeunes futaies claires.

Il existe également du pin d'Alep pur et mélangé avec le chêne liégé, du Pin d'Alep pur sur 193 ha réparti en 180 ha de futaie jeune dense et 13 ha en jeune futaie clair. Le mélange du Pin d'Alep chêne liège occupe 99 ha au stade de jeune futaie dense.

Les essences secondaires du maquis sont représentées par le calycotome, lentisque, filaire, diss, bruyère et les maquis arborés denses de chêne liège s'étendent sur 1258 ha ayant comme essences secondaires le calycotome, lentisque, filaire, bruyère, arbousier, diss et rarement l'oléastre.

Les maquis purs n'occupent que 479 ha, ils sont constitués essentiellement de lentisque, bruyère, calycotome, filaire et diss.

On note également la présence des occupations agricoles et pastorales à l'intérieur et / ou à la périphérie de la forêt : olivier + culture sur 776 ha et des parcours sur 255 ha.

Le relief est celui de basse montagne à altitude faible au nord (150m) à moyen au sud (700

m) et à pentes modérées à fortes (15 à 25%).

- Forêt domaniale de l'Akfadou Est (5372 ha)

Il s'agit du prolongement naturel d'un seul massif entrecoupé en deux par des limites administratives entre la wilaya de Tizi Ouzou à l'ouest et celle de Bejaia à l'est d'où l'appellation Akfadou est. Elle est constituée majoritairement par les chênes à feuilles caduques et principalement le chêne zen qui couvre à l'état pur 4107 ha.

Les vieilles futaies denses s'étendent sur 3637 ha et sous des vieilles futaies claires il n'y est que sur 470 ha. En mélange avec le chêne Afarés dans de vieilles denses il est à 167 ha. Le chêne liège occupe 1015 ha en vieilles futaies denses bien venantes. On signale l'existence d'un parc cynégétique de 83 ha installé dans une vieille futaie dense de chêne liège et l'introduction d'une quinzaine de cers de barbarie.

Cette forêt est caractérisée par un relief de haute montagne (1000 à 1400 m) et à pentes modérées à fortes 15 à 25%.

- Forêt domaniale de M'zala (3056 ha)

Forêt constituée par deux types physiologiques de végétation :

- Les forêts de chêne liège occupent 2264 ha dont 1533 en vieilles futaies denses et 731 ha en vieilles futaies claires.
- Les maquis arborés de chêne liège couvrent 792 ha constitués de calycotome, lentisque, filaire et diss.

Le relief est relativement doux avec des pentes 10 à 18% et des altitudes variant entre 300 et 900 mètres. Cette forêt est attenante à celle de Taksebt dans la wilaya de Tizi Ouzou.

- Forêt domaniale de Taourirt Ighil : 7264 ha

Forêt constituée par plusieurs types physiologiques de végétation :

- Les forêts de chêne liège occupent 2030 ha dont 780 ha de vieilles futaies denses de chêne liège et 1250 ha dont 855 de vieilles futaies claires et le reste soit 395 ha de jeunes futaies

claires.

- Les forêts de chêne zéen de moindre extension sont représentées par 122 ha de vieilles futaies denses et 37 ha de futaies jeunes denses.

- Les mélanges chêne liège et chêne zéen occupent 1194 ha avec 382 ha à chêne liège dominant avec 399 ha de vieilles futaies claires et 27 ha de futaies denses irrégulières (jeunes futaies, vieilles futaies), 812 ha à chêne zéen dominant avec 462 ha de perchis clairs et 350 ha de vieilles futaies denses et 914 ha de vieilles futaies claires de chêne liège incendiées.

Les formations subforestières sont représentées par :

- Les maquis arborés de chêne liège occupent 2166 ha repartis en 1524 ha de maquis arborés de chêne liège avec sous-bois dense constitué en phyllaire, lentisque, bruyère-, calycotome, arbousier et diss et 642 ha de maquis arborés de chêne liège avec un sous-bois clair renfermant lentisque, bruyère, filaire et ronce.

- Les maquis arborés de chêne zéen et chêne liège occupent 448 ha avec un sous-bois dense à base d'arbousier, calycotome, filaire et ciste.

- Les maquis purs denses à base de calycotome, lentisque, genêt, filaire et ciste occupent 355 ha.

Les formations forestières et subforestières évoluent sur des pentes modérées à fortes 15 à 25% et à altitudes moyennes (300 à 800 mètres).

- Forêt domaniale Douar Ait Medala (675 ha)

Forêt essentiellement constituée de formations préforestières, de maquis arborés clairs de chêne liège sur 453 ha avec un maquis constitué de lentisque, myrte et calycotome, maquis arborés clairs de Pin d'Alep sur 50 ha avec un sous-bois à base de lentisque, calycotome, myrte et diss et maquis purs clairsemés sur 172 ha constitué de diss, lentisque, calycotome, bruyère, filaire, myrte etc.....

Il est à signaler que cette forêt a été ravagée par les incendies répétés reflétant convenablement l'état dans lequel elle se trouve actuellement.

Les altitudes sont basses (200 m en moyenne) et les pentes modérées 15% en moyenne.

- **Forêt domaniale Douar Ait Temsit (351 ha)**

Cette forêt ne comporte que des formations subforestières avec des maquis arborés clairs de Pin d'Alep sur 294 ha à base d'essences secondaires diss, calycotome, filaire et lentisque et des maquis purs clairsemés sur 57 ha à base de lentisque, calycotome, filaire, bruyère, etc...

- **Forêt domaniale de Gouraya (521 ha)**

Forêt de moindre extension constituée de formations forestières et préforestières caractérisée par la présence de Pin d'Alep claire en vieilles futaies occupant 162 ha ; de maquis arborés clairs de Pin d'Alep avec un sous-bois à base de lentisque, calycotome, myrte et diss occupant 134 ha, et maquis purs clairs s'étendant sur 225 ha, constitués par lentisque, calycotome, filaire, bruyère et diss.

Cette forêt presque totalement incluse dans le parc national de Gouraya sur les hauteurs de Bejaia elle est marquée par un relief accidenté dont les pentes sont très fortes (>25%).

- Les forêts de type T2

Les forêts de nature juridique autre que domaniale au nombre de 10 occupent une superficie très importante 24796 ha soit 49.41 % de toute l'occupation forestière. Elles évoluent dans les mêmes conditions écologiques que les forêts domaniales avec lesquelles elles sont attenantes.

Le tableau 9 qui suit résume les caractéristiques de chacune :

Tableau 9: Répartition des forêts de type T2 dans le massif côtier ouest de Bejaia.

Forets de type T2	Superficie (ha)	Caractéristiques
Adekar	315	- 40 ha de vieilles futaies claires de chêne liège - 275 ha de maquis arborés de chêne liège avec un maquis dense à base filaire, diss, calycotome et bruyère.
Adekar-Taourirt Ighil	243	- 243 ha de vieilles futaies claires de chêne liège
Bejaia	269	- 269 ha de maquis arborés de Pin d'Alep avec maquis clair à base de diss, lentisque, calycotome et filaire. - 10 ha de maquis purs clairs à base de lentisque, calycotome, filaire et bruyère et l'on signale également la présence du chêne terne.
Bejaia -Oued Ghir	720	- 395 ha de maquis arborés de chêne liège avec maquis clairs à base de lentisque, myrte et calycotome, -325 ha de maquis purs à base de diss, calycotome, lentisque et filaire,
Bejaia -Toudja	3434	- 46 ha de vieilles futaies claires de chêne liège - 269 ha de maquis arborés de chêne liège avec maquis à base de lentisque, bruyère, calycotome et myrte. - 278 ha de maquis arborés de chêne liège avec maquis dense à base de lentisque, bruyère, calycotome et myrte - 1381 ha de maquis purs denses à base de lentisque, bruyère, calycotome et myrte ; - 1010 ha de maquis purs clairs à base de lentisque, bruyère, calycotome et myrte.
Beni K'sila	7263	a) Forêt de chêne liège = 2056 ha - 559 ha de vieilles futaies denses de chêne liège. - 1497 ha de vieilles futaies claires de chêne liège. b) Maquis arborés de chêne liège = 1289 ha - 326 ha de maquis arborés de chêne liège à sous-bois dense de calycotome, lentisque et arbousier. - 963 ha de maquis arborés de chêne liège à sous-bois clair de calycotome, lentisque, filaire et diss. c) Maquis purs = 3918 ha - 3918 ha de maquis purs à sous-bois clair à base de lentisque, calycotome, arbousier, ciste, diss et genêt.
El Kseur Oued Ghir	156	- 156 ha de vieilles futaies claires de chêne liège
Toudja Beni K'sila	6759	a) Forêt de chêne liège : 3423 ha - 928 ha de vieilles futaies denses de chêne liège.

		<ul style="list-style-type: none"> - 2495 ha de vieilles futaies claires de chêne liège. b) Forêt de Pin d'Alep pur : 756 ha - 756 ha de jeunes futaies claires de Pin d'Alep c) Forêts mélangés Pin d'Alep et chêne liège = 1169 ha - 1169 ha de jeunes futaies denses mélangés à dominance Pin d'Alep avec du chêne liège. d) Maquis arborés de chêne liège : 1294 ha - 1200 ha de maquis arborés de chêne liège à sous-bois denses de calycotome, lentisque, arbousier genêt. - 94 ha de maquis arborés de chêne liège à sous-bois clair de calycotome, lentisque, filaire et diss. e) Maquis purs : 117 ha - 117 ha de maquis purs clairs à base de lentisque, calycotome, filaire et arbousier.
Toudja-El Kseur - Taourirt Ighil	4303	<ul style="list-style-type: none"> a) Forêt de chêne liège : 1855ha - 482 ha de vieilles futaies denses de chêne liège - 1173 ha de vieilles futaies claires de chêne liège - 200 ha de vieilles futaies claires de chêne liège incendiées. b) Maquis arborés de chêne liège : 667 ha - 377 ha de maquis arborés de chêne liège à sous-bois clair de calycotome, lentisque et diss - 290 ha de maquis arborés de chêne liège à sous-bois dense de lentisque, filaire, bruyère et diss. c) Maquis purs : 1781 ha - 1317 ha de maquis purs denses à base de chêne vert, lentisque, filaire et calycotome - 464 ha de maquis purs clairs à base de lentisque, bruyère, filaire, diss et oléastre.
Toudja-Oued Ghir- Bejais	2054	<ul style="list-style-type: none"> - 591 ha de jeunes futaies claires de chêne liège - 1463 ha de maquis purs clairs à base de lentisque, bruyère et myrte

b) Massifs côtiers Est Bejaia

Avec une superficie de 96476 ha, caractérisé par un relief de chaîne montagneuse très accidentée notamment au centre et au sud, elle appartient au secteur de la « Kabylie des Babors » avec de nombreux affleurements rocheux calcaires trônés par l'oued Agrioun formant des gorges pittoresque et célèbres (Kharrata, Darguina). Les sommets principaux sont ceux de Babors (2008 m) et du Tababourt (1965 m). Au nord ce massif s'estompe au

niveau de la petite plaine littorale de Souk El Tenine, en ces lieux, l'oued Agrioun rejoint la mer.

Les pentes sont très fortes parfois abruptes dans les Babors en général elles dépassent les 25%, les altitudes varient de 0 à 2000 mètres du nord au centre (elles culminent) et redescendent au sud.

Sur le plan lithologique, les terrains sont marqués par la présence de :

- calcaire et dolomies dures au centre ;
- flysch et schistes à l'ouest ;
- conglomérats à l'est ;
- marnes et calcaires au sud ;
- alluvions et sable au nord sur la bande littorale de Souk El Tenine.

Les terres forestières occupent 37.702 soit 39% de la zone et les occupations non forestières sont dressées sous forme d'agriculture de montagne constituées surtout d'oliviers associés aux cultures, et de parcours de montagne sur pente forte marneuses.

Les forêts de cette zone au nombre de 25 sont caractérisées comme suit :

- **Forêt domaniale de Beni Hassen (216 ha)**

Avec une superficie de 216 ha de vieilles futaies claires de chêne liège.

- **Forêt domaniale de Beni Mellou (3124 ha)**

Forêt dégradée sur plus de 60% de sa surface, signes visible d'incendies récents. Dominance de formations para forestières sur des pentes moyennes à fortes (15 à 30%) sur des altitudes élevées (400 à 1000 mètres). Elle est composée essentiellement de :

- Formations forestières arborescentes
- 260 ha de vieilles futaies denses de chêne liège
- 395 ha de jeunes futaies denses de chêne liège

- 126 ha de jeunes futaies claires de chêne liège
- 392 ha de vieilles futaies dense de chêne zéen et chêne Afarés.

- Formations para forestières
- 927 ha de maquis arborés de chêne liège à sous-bois dense à base de fougère, diss, calycotome lentisque et bruyère.
- 807 ha de maquis purs clairs à base de diss, calycotome, fougère, lentisque et bruyère,

- Autres occupations
- 114 ha en arboriculture fruitière et oliveraies
- 103 ha de cultures annuelles

- **Forêt domaniale Beni Mimoun (6028 ha)**

Forêt constituée pour moitié de vieilles futaies claires de chêne liège et pour moitiés de maquis arborés et maquis purs, évoluant sur des pentes moyennes à fortes (15 à 20%) et des altitudes peu élevées (200 à 500 m). Traces d'incendies récents nombreuses.

Composée essentiellement de :

- formations forestières arborescentes
- 2309 ha de vieilles futaies claires de chêne liège
- 801 ha de jeunes futaies claires de chêne liège

- formations para forestières
- 2104 ha de maquis arborés de chêne liège dont 1435 ha sont sur un sous-bois clair à base de lentisque, calycotome, bruyère, diss, filaire et arbousier.

- autres occupations.
- 313 ha occupés par des cultures, oliviers, arboriculture fruitière et parcours.

- **Forêt domaniale de Beni Segouale (1762 ha)**

Forêt constituée pour moitié peuplement forestiers et pour moitié formations para forestières évoluant sur pentes moyennes à fortes (18 à 30%) et des altitudes élevées.

- formations forestières arborescentes
- 939 de vieilles futaies denses de chêne liège
- formations para forestières
- 199 ha de maquis arborés de chêne liège, sous bois dense à base calycotome, bruyère, lentisque et fougère.
- 624 ha de maquis purs denses à base de calycotome, bruyère, lentisque, arbousier, et diss.

- **Forêt domaniale de Beni Slimane (2117 ha)**

Forêt constituée de moins de 30% des peuplements de chêne liège, le reste est représenté soit par le chêne vert (46%) à l'état de taillis dégradé, soit le Pin d'Alep (7%) probablement introduit par des reboisements, et enfin par des terres utilisées par l'agriculture (culture, parcours...

- formations forestières arborescentes
- 588 ha de vieilles futaies claires de chêne vert liège
- 140 ha de jeunes futaies de Pin d'Alep, dont 34 ha clairsemés
- formations para forestières
- 978 ha de maquis (matorrals) de chêne vert dont 134 ha sont des formations denses, on note également la présence de l'oléastre.
- autres occupations
- 411 ha d'utilisation à des fins agricoles (cultures, oliviers, parcours et arboriculture).

- Forêt domaniale de Chabet El Akra (1390 ha)

Les forêts de chêne liège ne représentent que 2,5/10 de toute la forêt, le reste est occupé par des formations assimilées au chêne vert en taillis, ce dernier a été très éprouvé par les dégradations.

Elle est composée de :

- formations forestières arborescentes
- 327 ha de vieilles futaies de chêne liège claires
- 40 ha de jeunes futaies denses de Pin d'Alep issues probablement d'un ancien reboisement.
- formations pré forestières
- 976 ha de matorral de chêne vert, calycotome, lentisque, filaire et oléastre
- autres occupations
- 44 ha de cultures, oliviers, parcours et arboriculture fruitière rustique.

- Forêt domaniale de Ait Ouarats Ouali (33 ha)

Il s'agit d'une micro forêt constituée exclusivement de vieilles futaies denses de chêne zée, et chêne afarés en mélange.

- Forêt domaniale de Darguina (2520 ha)

Le massif de Darguina est une véritable curiosité botanique constituée par le cèdre, le Pin d'Alep, le chêne vert, le chêne liège et le chêne zéen. Le cèdre n'est représenté que sur le Djebel Takoucht (1896 ha).

Cette forêt est caractérisée par des:

- Formations forestières arborescentes
- 491 ha de vieilles futaies denses de cèdre
- 97 ha de vieilles futaies claires de chêne liège

- 119 ha de vieilles futaies denses mélangés en chêne liège et Pin d'Alep.
- Formations pré forestières
- 966 ha de maquis arborés de chêne liège avec sous-bois clair à base de lentisque, fougère calycotome et bruyère.
- 99 ha de maquis arborés de chêne zée, avec sous-bois clair constitué de calycotome et diss.
- 128 ha de maquis arborés de Pin d'Alep et chêne liège avec sous-bois clair à base d'oléastre, diss et lentisque.
- reboisements
- 174 ha de reboisement en eucalyptus et cyprès
- autres occupations
- 252 ha de terres de parcours associées aux cultures.

- Forêt domaniale du Douar Beni Amrous (93 ha)

Il s'agit d'une petite forêt exclusivement constituée de 93 ha de maquis clairs à base de lentisque, filaire, calycotome et ronce.

- Forêt domaniale de l'Oued Agrioun (4110 ha)

Très diversifiée du point de vue essences forestières principales, les peuplements forestiers de l'Oued Agrioun occupent 68% de l'étendue du massif. Composée de :

- formations forestières arborescentes
- 247 ha de vieilles futaies denses de cèdre
- 2171 ha de vieilles futaies de chêne liège dont 111 ha sont denses, le reste étant clairsemé (2056 ha)
- 166 ha de vieilles futaies denses mélangées en chêne lige et Pin d'Alep
- 223 ha de vieilles futaies denses de chêne zéen et chêne liège.
- formations pré forestières

- 1303 de maquis purs clairsemés à base de calycotome, diss, filaire, fougère et lentisque.

- Forêts type T2

Elles sont décrites dans le tableau 10 :

Tableau 10 : Répartition des forêts de type T2 dans le massif côtier Est de Bejaia.

Forêts de type T2	Superficie (ha)	Caractéristiques
Ait Smail -Taskriout	380	- 380 ha de jeunes futaies claires de Pin d'Alep
Amizour	283	- 283 ha de vieilles futaies claires de chêne liège
Amizour- Barbacha	402	- 402 ha de jeunes futaies claires de Pin d'Alep
Amizour-Boukhelifa-Tichy et Aokas	5328	- 822 ha de vieilles futaies claires de chêne liège - 2404 ha de maquis arborés de chêne liège sur sous-bois dense à base de lentisque, calycotome, fougère et ronce - 2102 ha de maquis purs dont 926 ha sur maquis dense à base de calycotome, lentisque, filaire, bruyère diss et oléastre.
Aokas -Tizi n'Berber	285	- 285 ha de maquis arborés de chêne liège sur sous-bois dense à base lentisque, bruyère, diss et filaire.
Boukhelifa	41	- 41 ha de maquis purs clairs à base lentisque, calycotome et oléastre.
Darguina	683	- 131 ha de vieilles futaies claires de chêne liège - 168 ha de perchis denses de Pin d'Alep - 384 ha de vieilles futaies denses mélangées de chêne liège et Pin d'Alep.
Darguina Taskriout	1340	- 1340 ha de maquis clairs à base de calycotome, lentisque et fougère
Draa El Kaid	1157	- 134 ha de perchis de Pin d'Alep dont 42 ha en perchis denses et 92 perchis clairs - 1023 ha de matorral de chêne vert diss et calycotome
Kherrata	1226	- 69 ha de vieilles futaies claires de chêne liège - 174 ha de jeunes futaies denses de Pin d'Alep - 987 ha de matorral de chêne vert avec lentisque, oléastre et diss.
Kherrata – Taskriout	593	- 593 ha de maquis clairs à base de lentisque, filaire et oléastre.
Melbou	171	- 171 ha de maquis denses à base de calycotome, lentisque, arbousier et diss
Melbou-Tamridjet - Darguina	4699	- 380 ha de vieilles futaies claires de chêne liège - 874 ha de vieilles futaies denses de chêne liège

		<ul style="list-style-type: none"> - 82 ha de vieilles futaies dense de chêne liège et chêne zéen mélangés - 205 ha de maquis arborés de chêne liège sur sous-bois dense à base de calycotome, bruyère, lentisque, fougère et arbousier. - 3054 ha de maquis purs clairs et 105 ha de maquis purs denses à base de calycotome, diss, lentisque et fougère.
Souk El Tenine-Aokas-Taskriout - Darguina -Tizi n'Berber	580	<ul style="list-style-type: none"> - 58 ha de maquis arborés clairs de chêne liège à base de calycotome et diss - 324 ha de maquis purs denses à base de fougère, diss et calycotome - 198 ha de reboisement d'eucalyptus dense.
Tizi n'Berber	378	<ul style="list-style-type: none"> - 248 ha de vieilles futaies denses de chêne zéen et chêne Afarés - 130 ha de maquis purs clairs à base de diss, calycotome, fougère et bruyère

c) Versants Ouest de la Soummam :

Avec une superficie de 33768 ha, cette zone est caractérisée par des hauts versants qui sont le prolongement et la terminaison du massif montagneux du Djurdjura (W. de Tizi Ouzou). Ces hauts versants redescendent vers l'est, et s'estompent sur la vallée de l'Oued Soummam. Le point culminant est le col de Chelata 1520 mètres. D'une lithologie composée de conglomérats, grés et calcaires –dolomies dures.

Les sols sont dominés par une agriculture de montagne constituée de cultures ; oliviers au nord et oliviers au sud.

Les superficies forestières sont faibles : 4800 ha soit 14% de la superficie totale de la zone.

Les forêts de la zone sont caractérisées comme le montre le tableau 11:

Tableau 11: Répartition des forêts domaniales et de type T2 dans les versants Ouest de la Soummam.

Type de forêt	Superficie (ha)	Caractéristiques
Forêt domaniale Illoulas	550	Forêt de chêne vert dégradée entièrement matorralisée surmontée par quelques sujets de futaie de chêne vert avec un sous-bois clair à base de calycotome, lentisque et oléastre.
Forêt de type T2 Beni Melikech.	17	Micro forêt dégradée constituée par un matorral arboré de chêne vert avec un sous-bois clair à base diss et calycotome.
Forêt type T2 Chelata	73	Petite forêt constituée par un matorral arboré de chêne vert avec un sous-bois clair à base de calycotome, lentisque et oléastre.
Forêt de type T2 Chelata - Ighrem	1646	- 1371 ha matorral clair de chêne vert, calycotome et lentisque - 275 ha matorral arboré de chêne vert avec sous-bois clair à base de calycotome, lentisque et oléastre
Forêt type T2 Ighrem	397	- 316 ha matorral (garrigue) clair à base de lentisque, diss et calycotome - 81 ha de matorral arboré de chêne vert avec sous-bois clair à base de lentisque, diss et calycotome.
Forêt type T2 Ouzelaguene -Chelata	2117	- 293 ha de jeune futaie claire de chêne liège (taillis) - 773 ha de perchis clair de chêne liège (taillis) - 282 ha de matorral dense de chêne vert, diss et lentisque - 117 ha de maquis arboré de chêne liège avec sous-bois clair à base de chêne vert, lentisque, diss. - 652 ha de matorral arboré de chêne vert avec sous-bois clair à base de calycotome et lentisque.

d) Monts de Seddouk

Avec une superficie de 46910 ha, cette zone est caractérisée par un relief montagneux accidenté avec des pentes fortes supérieures à 25%, particulièrement à l'est avec 2 versants : versant nord limité par la vallée de l'Oued Soummam et versant sud donnant sur la wilaya de Sétif. Les altitudes varient de 200 à 1350 mètres, dont djebel Tronda culmine à 1389 mètres. Sur le plan lithologie, la zone est marquée par la présence des schistes au nord avec des plages de calcaires et dolomies durs, flysch au sud, bande marneuse à l'extrémité nord.

Les sols sont dominés par une agriculture de montagne constituée principalement de cultures associées aux oliviers et à l'arboriculture rustique (figuier surtout) et des terrains de parcours de montagne.

Les occupations forestières ne s'étendent que sur 8115 ha, soit 17% de la zone, et sont dispersées en plusieurs petits îlots pour la plupart de petites dimensions, y compris 13 ha occupés par des activités agricoles.

Les différents types de forêt sont présentés dans le tableau 12 :

Tableau 12: Répartition des forêts domaniales et de type T2 dans les monts de Seddouk.

Type de forêt	Superficie (ha)	Caractéristiques
Forêt domaniale de Beni-Immel	531	- 268 ha de jeunes futaies claires de chêne liège. - 250 ha de jeunes futaies denses de chêne liège. - 13 ha de cultures, arboriculture et parcours (terres enclavées).
Forêt domaniale de Laarache	100	- 100 ha de matorrals arborés de chêne vert avec sous-bois clair à base de diss, calycotome et romarin.
Forêt type T2 Amalou	841	- 241 ha de perchis clairs de Pin d'Alep - 193 ha de maquis élevé d'oléastre avec lentisque, calycotome et diss - 407 ha de maquis clair à base de calycotome, diss et oléastre.

Chapitre II : Eléments généraux de la zone d'étude.

Forêt type T2 Beni - Maouche	1303	- 244 ha perchis clairs de Pin d'Alep - 117 ha de perchis clairs de Pin d'Alep avec chêne vert (pinède et chêne vert) - 942 ha de matorrals arborés de chêne vert avec sous-bois clair à base de diss, calycotome et romarin.
Forêt type T2 Bouhamza	417	417 ha de perchis dense de Pin d'Alep
Forêt type T2 Bouhamza – Beni Maouche	47	- 47 ha de perchis dense de Pin d'Alep
Forêt type T2 Leflaye - Sidi Said- Sidi Ayad - Timzirt	162	- 162 ha de matorral arboré de Pin d'Alep avec sous-bois clair à base de chêne vert, diss et calycotome.
Forêt type T2 Seddouk	962	- 537 ha de jeunes futaies claires de Pin d'Alep - 288 ha de jeunes futaies denses de pin d'Alep - 137 ha de semis dense de Pin d'Alep et cyprès
Forêt type T2 Sidi Said – Seddouk	78	- 78 ha de jeunes futaies claires de Pin d'Alep.
Forêt type T2 Sidi Said – Timzirt.	656	- 656 ha de matorrals arborés de Pin d'Alep avec sous-bois clair à base de chêne vert, diss et calycotome (pinède à chêne vert).
Forêt type T2 Timzirt-Semaoune-Beni Djellil – Sidi Said	2864	- 2864 ha de matorrals claires à base de chêne vert, calycotome et diss
Forêt type T2 Timzirt	154	- 154 ha de vieilles futaies claires de chêne liège

e) Monts de Ighil Ali

Avec une superficie de 41409 ha, cette zone est caractérisée par un sous ensemble montagneux rattaché au sud à la chaîne des Bibans et limité au nord-ouest par la vallée de la Soummam et au nord-est par l'oued Bousselem. Ils forment les basses collines au contact avec la vallée de la Soummam dont les altitudes varient de 400 à 800 mètres avec les sommets culminent à 1000 mètres. La nature lithologique des terrains est formée exclusivement de flysch.

L'occupation du sol est de type agriculture de montagne et forestière, et les terrains non forestiers représente 17578 ha soit 42% de la superficie de la zone.

Les forêts présentent les caractéristiques suivantes :

Tableau 13:Répartition des forêts domaniales et de type T2 dans les monts de Ighil Ali.

Type de forêt	Superficie (ha)	Caractéristiques
Forêt domaniale de Beni -Abbés	4824	Forêt morcelée en 05 blocs, constituée surtout de peuplements issus d'un ancien incendie qui a ravagé presque la totalité de la forêt. - 2967 ha de jeunes futaies claires de Pin d'Alep. - 173 ha de jeunes perchis clairs de pin d'Alep. - 575 ha de semis clairs de Pin d'Alep. - 510 ha de jeunes futaies denses de Pin d'Alep. - 599 ha de matorrals arborés de Pin d'Alep avec sous-bois clairsemé à base de chêne vert, calycotome et lentisque, (pinède à chêne vert).
Forêt domaniale de Mechtik	1265	Forêt constituée de jeunes peuplements - 704 ha de gaulis clairs de Pin d'Alep. - 517 ha de perchis clairs de Pin d'Alep. - 44 ha de jeunes futaies claires de Pin d'Alep.
Forêt domaniale de Mouqua	523	Forêt constituée de jeunes peuplements et de matorrals arborés - 231 ha de jeunes futaies denses de Pin d'Alep - 170 ha de jeunes futaies claires de Pin d'Alep - 122 ha de matorrals arborés de pin d'Alep avec sous-bois clair de chêne vert, calycotome et oléastre.
Forêt domaniale de Taguemount	1026	388 ha de jeunes futaies claires de Pin d'Alep - 638 ha de matorrals arborés de pin d'Alep avec sous-bois clair de chêne vert, calycotome et oléastre.
Forêt de type T2 Ait R'zine	233	- 233 ha de jeunes futaies classés de Pin d'Alep.
Forêt de type T2 Boudjellil	770	- 613 ha de jeunes futaies claires de Pin d'Alep. - 157 ha de perchis clairs de Pin d'Alep.
Forêt de type T2 Boudjellil-Ighil Ali	6500	- 1405 ha de perchis clairs de Pin d'Alep - 1664 ha de jeunes futaies denses de Pin d'Alep - 916 ha de perchis denses de Pin d'Alep - 2515 ha de matorrals arborés de pin d'Alep avec sous-bois clair de chêne vert, calycotome, lentisque et oléastre.
Forêt type T2 Ighil Ali	415	- 308 ha de jeunes futaies claires de Pin d'Alep. - 107 ha de perchis denses de Pin d'Alep.

Forêt type T2 Tamokra	835	- 465 ha de haut perchis et jeunes futaies clairs de Pin d'Alep - 370 ha de haut perchis et jeunes futaies denses de Pin d'Alep
Forêt type T2 Tamokra-Ait R'zine -Ighil Ali	1187	- 1016 ha de jeunes futaies claires de Pin d'Alep - 171 ha de Matorral arboré de pin d'Alep avec sous-bois de chêne vert, diss et oléastre.

f) Vallée de l'Oued Soummam

Avec une superficie de 24897 ha, cette zone est caractérisée par une vallée alluvionnaire allongée du sud-ouest au nord-est de Tazmalt à Bejaia, sur des altitudes qui varient de 0 à 200 mètres. Les terrains sont formés de dépôt alluvionnaire sableuse à argileux, localement caillouteux. Les terrains sont occupés essentiellement par des cultures et arboricultures.

L'occupation forestière est réduite à une forêt type T2 Akbou qui occupe 70 ha d'oléastre associé à un maquis clair de diss et calycotome.

Chapitre III. Méthodologie, utilisation des différents logiciels
pour la mise en place d'un S.I.G et traitements statistiques.

3.1 Matériels et méthodes

Durant la période 2001-2015, la région de Bejaia a connu plusieurs incendies soit environ 3091 départs de feux (données Earthdata MODIS fire). Afin de comprendre le phénomène, nous avons jugé utile de répertorier tous les feux qui ont touché le territoire de la wilaya de Bejaia sur une base de données géoréférencées. Le travail permet de conserver la mémoire des événements. Ces données constituent une source d'informations qui viendra compléter la présentation des risques au niveau de la wilaya de Bejaia.

La méthodologie utilisée est basée sur l'analyse des différentes composantes par le biais d'un SIG. Cette analyse a pour objet la manipulation de plusieurs couches (pluviométrie, bioclimat, population, altitude, lithologie, occupation des sols, exposition et pente) dans le but de faciliter la prise de décision.

Pour la mise en place de cette démarche, on a fait appel aux étapes suivantes :

- Choix des facteurs agissant sur le phénomène « incendie de forêt »
 - Analyse diachronique des points d'incendie durant la période 2001-2015 à partir des données satellite MODIS fire active provenant des archives de la NASA Earth data.
 - Digitalisation des différentes couches,
 - Croisement et analyse des couches d'information,
 - Analyse statistique des données,
 - Extraction des données
- 1- La première étape représente la phase de préparation des données. Son but est la mise en forme des données et leur cohérence géographique pour les préparer à l'étape suivante qui est celle du traitement des données.
 - 2- La deuxième étape correspond au croisement des différentes couches (pluviométrie, bioclimat, population, altitude, lithologie, occupation des sols, exposition et pente) avec les données des points de départ de feux dans la zone d'étude dans le but

d'extraire les valeurs du pixel des différents rasters par rapport aux points de départ des feux.

- 3- La troisième étape consiste au traitement des données obtenues dans un système d'information géographique par des analyses de variances (Anova).
- 4- Enfin, la dernière étape est l'élaboration d'un modèle d'aléa incendie de forêt pour notre zone d'étude.

3.2 Acquisition et description des données

Les premières sources de données envisagées pour documenter et illustrer les niveaux d'informations sont les bases de données déjà existantes, tels que les documents cartographiques, ou des données recueillies dans diverses études.

Parmi les composantes naturelles, la pluviométrie joue un rôle important car elle constitue un facteur dans la densification des massifs forestiers. La végétation intervient par son inflammabilité et sa combustibilité. Le relief joue également un rôle à double titre ; la pente modifie l'inclinaison des flammes par rapport au sol, ce qui favorise les transferts thermiques vers la végétation située en amont et l'exposition détermine des versants chauds ou frais ainsi que des zones exposées au vent dominant (Jappiot et al. 2003).

La base de données (BD) de type alphanumérique de l'historique des incendies (2001 à 2015), est téléchargée à partir du site de la NASA Earthdata, provenant du satellite MODIS Fire active (Hot spot). On recense pour cette période 3091 points d'éclosion. Chaque point d'incendie possède ses propres métadonnées relatives à l'heure d'éclosion, le jour, le mois et l'année.

- L'exposition et la pente dérivées à partir du Modèle Numérique de Terrain (MNT), datant de 2006 et d'une résolution de 60 m, a été obtenu auprès du site officiel de la NASA, Earthdata.
- Les formations végétales sont obtenues à partir de la carte des types de peuplements (BNEDER -E.P. E -2008).

3.2.1 Donnée MODIS Hotspots et zones brûlées

L'Algérie a de longs antécédents d'incendie, mais des incendies de différentes sources (Meddour-Sahar 2015). Néanmoins, de nombreuses données et informations sur les incendies de forêts sont toujours manquantes ou incomplètes comparativement à la Tunisie (Belhadj-Khedher et al.2018). La base de données sur les incendies de la Direction Générale des Forêts (DGF) enregistre les incendies de forêts depuis des décennies, mais ils ne sont pas toujours enregistrés ou localisés de manière pertinente et régulière. En particulier, la DGF ne cartographie pas systématiquement les contours des incendies et ne cartographie que certains incendies dans les forêts domaniales, de nombreux incendies de prairies ou pâturages voisins sont oubliés. Par rapport aux données d'incendie satellitaires (MODIS), les incendies enregistrés par la DGF ont montré de nombreuses divergences, notamment en ce qui concerne la taille et l'emplacement. Par conséquent, nous avons utilisé deux des produits d'incendie MODIS à une résolution spatiale de 1 km et 500 m pour la période 2001-2015 (tableau 14). En premier lieu, nous avons utilisé la série MCD14ML de hotspots d'incendie traitée dans l'ensemble de données actives de l'analyse thermique temporelle Collection 5 avec les données des satellites TERRA et AQUA (NASA-FIRMS 2015). Cet ensemble quotidien allant de janvier 2001 à décembre 2015 a été téléchargé sur le site Web de FIRMS (Fire Information for Resource Management System: Archiving and Distributing MODIS Active Fire Data, Collection 5; Davies et al., 2009). Les points chauds d'incendie fournissent des données ponctuelles sur les incendies actifs pendant le passage des satellites. Au total, MODIS a enregistré 3091 points d'éclosion au cours de cette période. Chaque point d'incendie a ses propres métadonnées pour l'emplacement, l'heure d'hachurage, le jour, le mois et l'année. Le niveau de confiance des points de détection est de $72 \pm 26\%$. Il indique la qualité des pixels de feu individuels (variant de 0 à 100%) et il est utile pour exclure les faux positifs d'incendie. Les 16% des points ayant un niveau de confiance inférieur à 50% ont été répartis au hasard sur plusieurs années, saisons et zone d'étude. Deuxièmement, nous avons utilisé le produit de la zone brûlée, c'est-à-dire le produit mensuel MODIS MCD64A1 version 6 Terra et Aqua Global de 500 m contenant

la zone brûlée et la qualité par pixel (Tableau 14). La qualité des données a été vérifiée et nous n'avons conservé que les données présentant le niveau de confiance le plus élevé. Nous avons téléchargé les données sur le site Web de la NASA (<https://ladsweb.modaps.eosdis.nasa.gov>). En utilisant l'estimation de la densité du noyau sous R avec les points chauds du feu MODIS, nous avons déterminé où les points chauds du feu étaient situés dans la région de Bejaia, c'est-à-dire les zones où le feu est abondant et spatialement concentré. La distance médiane entre les points était de 338 ± 305 m. Nous avons utilisé un paramètre de lissage de largeur de bande (h) de 845 m correspondant à 2,5 fois la médiane pondérée des distances.

Tableau 14: Résumé des produits MODIS pour les incendies actifs, les zones brûlées et les produits des indices de végétation.

Produit	Type	Source	Résolution spatiale	Résolution temporelle	Temps de couverture
MCD14ML	Localisation des points incendie	MODIS Aqua et Terra	1000 m	Journalière (Terra: Aqua: nuit)	2001–2015
MCD64A1	Surfaces brûlées	MODIS Aqua et Terra	500 m	Mensuelle	2001–2015
MOD13A3	NDVI	MODIS Terra	1000m	Mensuelle	2001–2015

3.2.2 Données sur la végétation et l'utilisation des terres

Nous avons utilisé les types d'utilisation et d'occupation des sols du Bureau national d'études pour le développement rural (B.N.E.D.E.R 2008), qui est basé sur des images satellites Landsat TM à haute résolution et une classification supervisée. Il classe les types de couvert végétal dans les principales catégories (forêts, agriculture, pâturages, etc.). L'Algérie côtière présente des gradients bioclimatiques élevés. Cela peut affecter la

biomasse du combustible présente dans chaque type de couverture et, à son tour, leur probabilité de brûler. Afin d'évaluer la biomasse du combustible pour chaque type de couverture terrestre, nous avons utilisé l'indice de végétation par différence normalisée (NDVI) de 2001 à 2015, avec une résolution spatiale de 1 km. Le NDVI a été largement utilisé dans le monde entier pour estimer la fraction de rayonnement photosynthétiquement actif (FPAR) absorbée par la canopée. Il convient bien pour estimer la productivité et le dépérissement des forêts dans les écosystèmes méditerranéens (Ogaya et al., 2015). Ces données sont dérivées des observations enregistrées par le capteur MODIS TERRA (MOD 13; <https://cmr.earthdata.nasa.gov>). Les données composites NDVI mensuelles MODIS sont générées à l'aide de l'indice de végétation sur 16 jours agrégé à l'aide d'une moyenne pondérée. Comme la plupart des incendies se produisent pendant l'été, nous avons calculé le NDVI summer qui ne représente que la période de juin à octobre.

La carte des feux avec les points chauds et les zones brûlées de MODIS montre que le feu n'est présent que dans un cas bande de 80 km le long du littoral de Bejaia (Fig.9), suggérant ce feu ne peut être possible que dans ces conditions, et limité par les conditions climatiques et par la quantité de biomasse subséquente à une latitude plus basse. Nous avons étudié la variation de l'activité du feu avec la latitude et la longitude dans la région de Bejaia et nous avons calculé la quantité minimale de pluie nécessaire pour que le feu se produise dans les principaux types de couverture terrestre. De plus, nous avons estimé la valeur NDVI correspondant à cette limite pour chaque type de couverture terrestre.

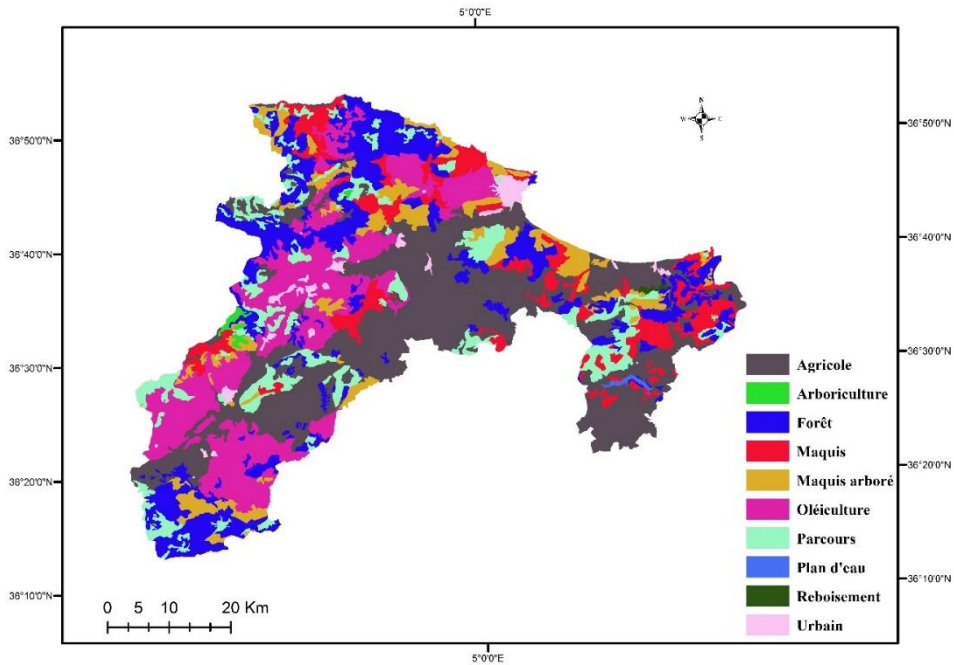


Figure 8: Classes d'occupation des sols (B.N.E.D.E.R.2008)

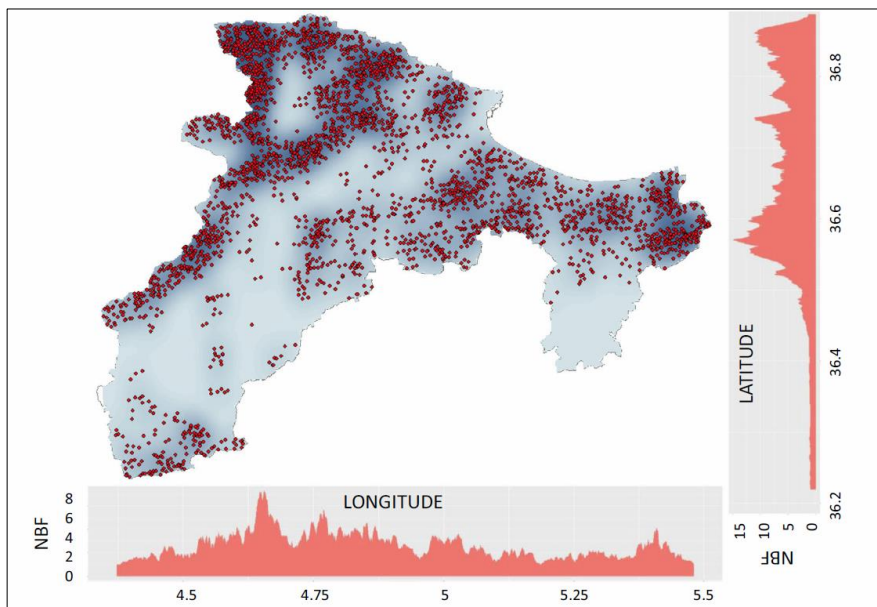


Figure 9: Emplacement des points chauds d'incendie MODIS (points rouges) et densité du noyau (la densité maximale est en bleu foncé) dans la région de Bejaia (nord de l'Algérie). NBF = nombre de feux enregistrés entre 2001 et 2015.

3.2.3 Données bioclimatiques et indices de danger d'incendie

Le climat de la région de Bejaia est de type méditerranéen, mais il présente une hétérogénéité d'une localité à l'autre en raison de la configuration orographique des territoires. De plus, un fort gradient latitudinal existe depuis les zones humides le long de la côte nord jusqu'aux zones semi-arides du sud. Dans ce contexte, nous nous attendions à ce que les indices quotidiens de danger d'incendie (c'est-à-dire les indices quantitatifs estimant l'inflammation, le taux de propagation, la difficulté de contrôle et l'impact des variables météorologiques); (EUROFINET 2012) varie considérablement dans la zone d'étude. Cependant, une telle base de données météorologiques quotidiennes n'était pas entièrement disponible en Algérie et des données précises sur la vitesse du vent manquaient notamment. En conséquence, nous avons utilisé une carte bioclimatique établie par la National Hydric Resources Agency (A.N.R.H). Il a distingué trois types principaux de bioclimat: humide, sub-humide et semi-aride. Chaque bioclimat a des variantes basées sur la température et les précipitations annuelles moyennes. Un essai préliminaire a indiqué que ces bioclimats convenaient bien aux niveaux d'activité des incendies dans la région de Bejaia. Afin d'obtenir des données climatiques quantitatives pour caractériser chaque bioclimat, nous avons utilisé des ensembles de données cumulatives mensuelles pour les précipitations et la température, dérivées des données CHELSA Climat haute résolution de janvier 2001 à décembre 2015 à 30 arc sec (~ 1 km) de résolution spatiale. Ces données ont été comparées entre les bioclimats et les sous-types de bioclimats à l'aide d'une analyse unidirectionnelle de la variance. Les bioclimats humides ont des précipitations supérieures à 900 mm par an, les sub-humides ont des précipitations allant de 600 à 900 mm par an, et les semi-arides ont de faibles précipitations allant de 400 à 600 mm par an et des températures légèrement plus élevées allant de 26 à 30 ° C.(figure10)

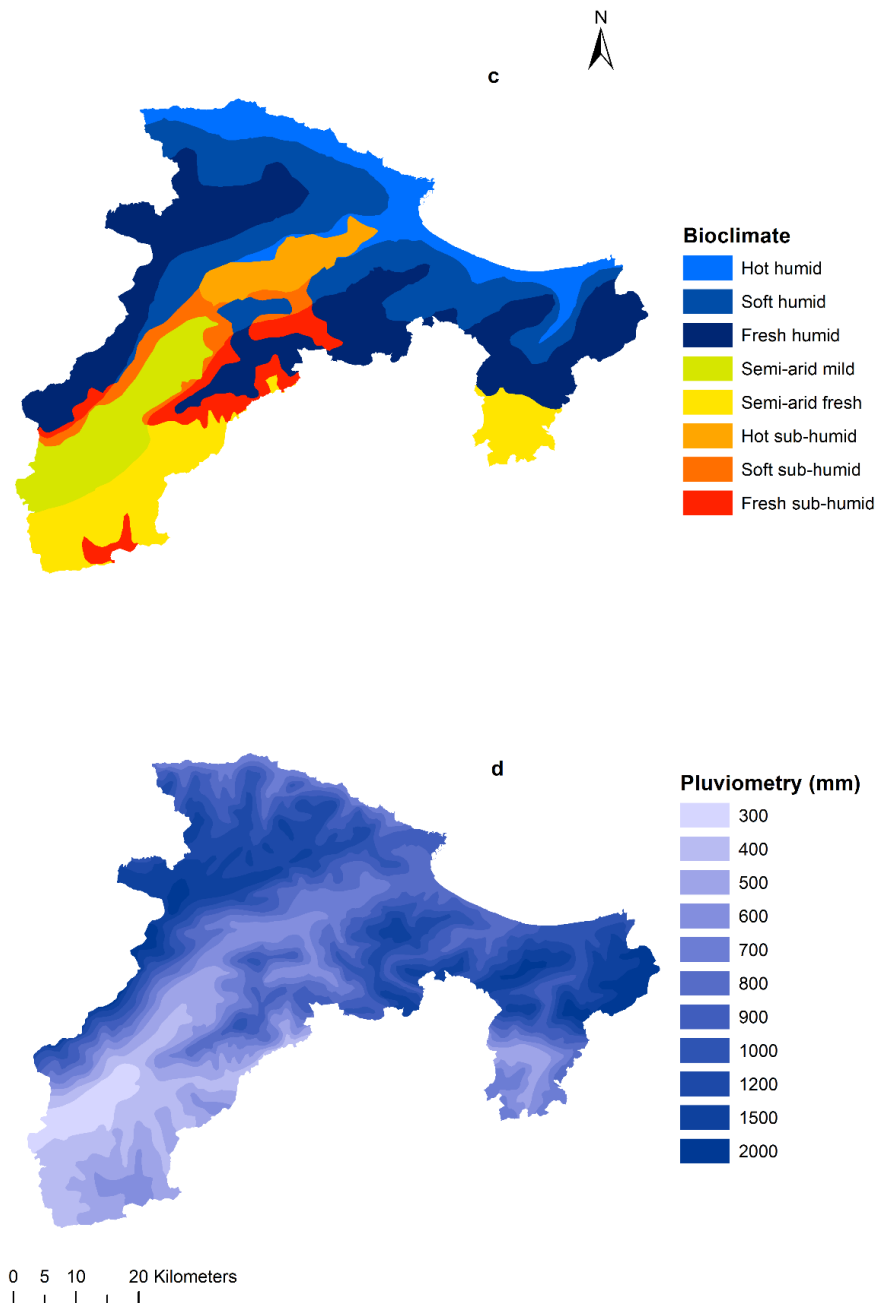


Figure 10:C. Zone bioclimatique. D. Pluviométrie, numérisée à partir de la carte des précipitations pour le nord de l'Algérie (ANRH, Agence Nationale des Ressources Hydrauliques, 1993).

3.2.4 Caractéristiques topographiques

Environ 75% de la superficie totale de la région de Bejaia est constituée de zones montagneuses reculées avec des pentes abruptes supérieures à 25%. La vallée de la Soummam sépare le complexe «Akfadou-Gouraya» au nord et la chaîne des Bibans au sud. Elle apparaît comme une bande étroite sinueuse de 80 km de long à l'intérieur de la région sur une largeur maximale de 4 km autour d'El Kseur. La zone côtière, longue de plus de 90 km, alternant criques rocheuses et plages de sable, s'étend à l'est de l'embouchure de l'oued Soummam jusqu'à celle d'Oued Agrioun et à l'ouest du cap Carbon jusqu'à la localité d'Azaghar. Bejaia est traversée par plusieurs oueds formés par des dépôts alluviaux d'origine montagneuse où les oueds Soummam, Djemâa, Agrioun, Zitouna, Bousellam et Amassin sont les plus importants. La région de Bejaia est donc une zone reculée dans laquelle les caractéristiques topographiques peuvent affecter l'activité du feu. Les types de couvert végétal sont liés pour une partie à la topographie, l'aspect affecte le rayonnement solaire puis la sécheresse du combustible, et la pente affecte la propagation du feu. Nous avons téléchargé une imagerie numérique du modèle d'élévation ASTER GDEM V2 (30 m) à partir du site de données de la Terre de la NASA. Cela a permis de calculer l'élévation, la pente et l'aspect sur une grille de 500 × 500 m. (Figure 11)

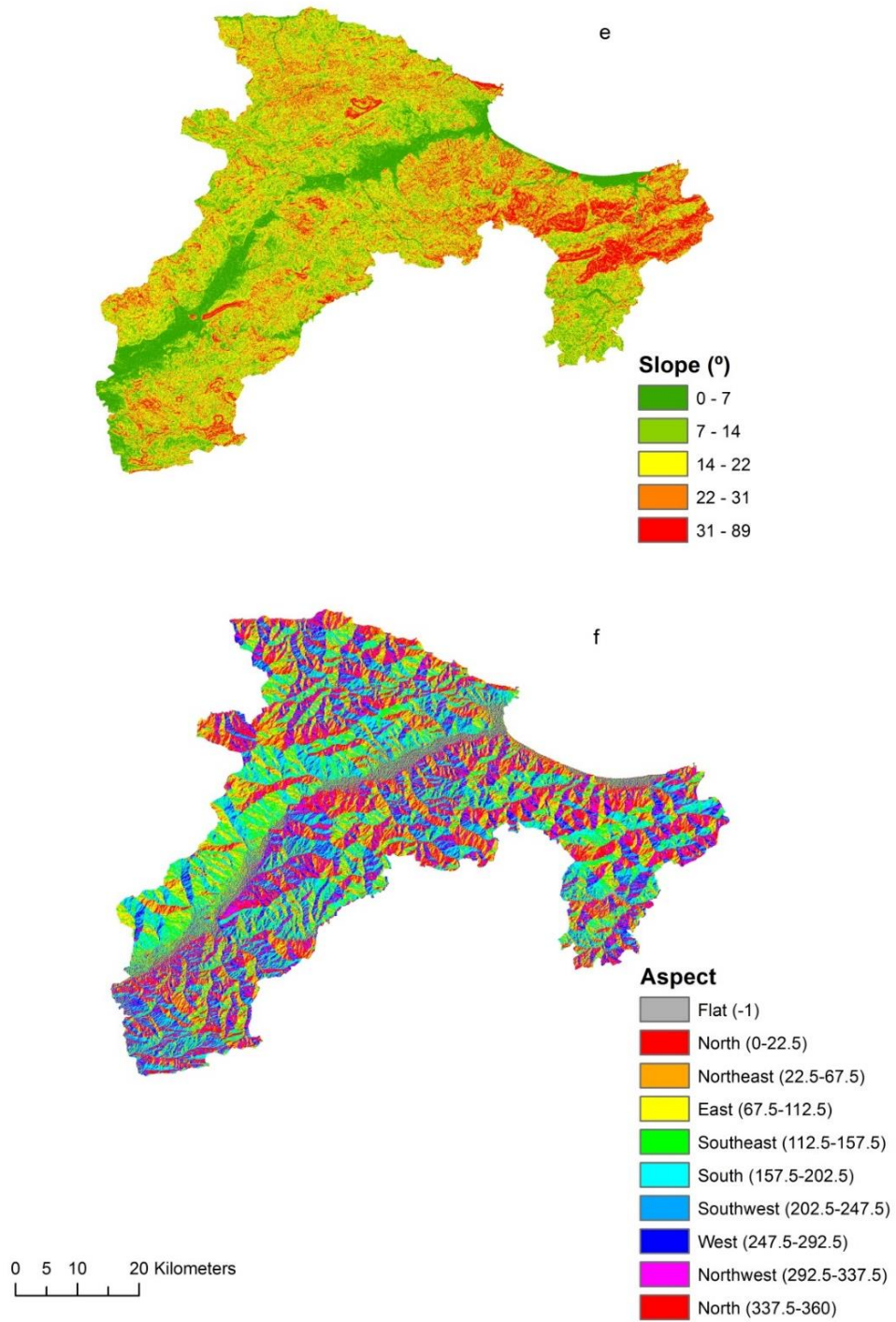


Figure 11. e : Angle de pente, f : Aspect de pente (dérivé du DEM ASTER GDEM version 2).

3.2.5 Données anthropiques et impact sur les inflammations

Environ 60% des causes des incendies sont encore inconnues en Algérie, mais il est indubitable d'après la fraction restante (bien connue) que presque toutes les inflammations sont d'origine humaine (Meddour-Sahar et al.2013) comme dans la plupart des régions du bassin méditerranéen (Curt et al.2016). Les humains jouent un rôle majeur dans l'activité des incendies du bassin méditerranéen, car ils gèrent les couvertures terrestres du paysage, ils les brûlent de manière sélective ou parce qu'ils provoquent des inflammations indésirables. Il n'existe pas de base de données géoréférencées sur les causes des incendies en Algérie, ce qui rend difficile l'attribution d'un feu donné à une cause spécifique. Cependant, Meddour-Sahar et al. (2013, 2014, 2015) ont déclaré que les inflammations délibérées prédominent dans les forêts afin de nettoyer la végétation et de brûler les résidus forestiers, d'urbaniser les zones côtières ou de sécuriser les massifs forestiers dans le cadre de la lutte anti-terroriste. Dans les terres agricoles et les bosquets, l'homme allume des feux dans le but de défricher la végétation et de brûler les résidus de l'agriculture. Les feux pastoraux sont également très fréquents car les bergers brûlent les pâturages ou les broussailles afin de favoriser la repousse des graminées. Dans cette étude, nous avons corrélé et déterminé quels types de couvert végétal étaient touchés par le feu, en utilisant les hotspots MODIS et les zones brûlées. La pression humaine sur les inflammations peut également être estimée à l'aide de substituts comme la densité des habitations et des infrastructures, car la plupart des inflammations sont des zones étroites avec une forte présence humaine dans le bassin méditerranéen (Viedma et al.2018). Nous avons cartographié le réseau routier et la présence d'habitations à l'aide d'images Sentinel-2 avec une résolution de 10 m. Nous avons fait un classement super-classifié sur les images, puis il a été rectifié manuellement sous ArcGis. À cette fin, nous avons effectué une analyse de proximité qui a calculé la distance la plus proche entre le centroïde de chaque allumage par le feu (hotspots MODIS) et les maisons ou les routes, en utilisant la boîte à outils Arc Distance jusqu'à. La précision est d'environ. 10 m.

Tableau 15: Description des variables environnementales et anthropiques utilisées dans la procédure de modélisation des données.

Variabiles	Description	Type de donnée	Source/methode
MODIS points Hotspots	Le produit comprend l'occurrence d'un feu (2001–2015)	Point	National Aeronautics and Space Administration (NASA) (MCD14ML)
Occupation des terres	Classes des occupations des terres	Polygone	National Office of Studies for Rural Development. December 2008
Precipitation	Precipitations mensuelles (2001-2015) (mm)	Grille-variable continue	CHELSA Climate
Temperature	Temperatures mensuelles (2001-2015) (C°)	Grille-variable continue	CHELSA Climate
Bioclimat	Zones bioclimatiques	Polygone	Digitalized from Rainfall map for Northern Algeria (ANRH, National Hydric Resources Agency, 1993).
Elevation (ALTI)	Altitudes au niveau 0 de la mer (m)	Grille-variable continue	Digital elevation model (DEM) derived from the DEM (ASTER GDEM version 2)
Exposition	Aspect des pentes	Grille-variable continue	Derived from the DEM (ASTER GDEM version 2)
Pente	Angles des pentes (°)	Grille-variable continue	Derived from the DEM (ASTER GDEM version 2)
Densité bâti	Superficies cumulées par maison (m)	Polygone	Derived from sentinel-2 satellite image
Route	Longueur cumulée des routes (m)	ligne	Derived from sentinel-2 satellite image
NDVI été	NDVI mensuel (2001-2015)	Grille-variable continue	Derived from MODIS Terra (MOD13A3)
Lithologie	Classe ed lithologie	Polygone	Digitalized from Geological map of Bejaia (Geological Survey of Algeria, 1977)

3.3 Aperçu des outils utilisés

3.3.1 Systèmes d'informations géographiques (SIG) et cartographie

La cartographie est l'ensemble des études et des opérations, scientifiques, artistiques et techniques, intervenant à partir des résultats d'observations directes ou d'exploitation d'une documentation, en vue de l'élaboration et de l'établissement de cartes, plans et autres modes d'expression, ainsi que dans leur utilisation ». Elle a pour avantage de modéliser, pour finalement aboutir à un document de synthèse, mettant en exergue les éléments essentiels à des fins analytiques. (Hessas.N, 2007).

Un ensemble de documents cartographiques tel que les cartes topographiques ont été d'une grande utilité dans le géoréférencement. La carte de l'occupation des sols, élaboré par le BNEDER (Bureau National des Etudes de Développement Rural) est un document qui donne les différentes formations végétales existantes. Quant à la carte géologique elle renseigne sur la nature lithologique des sols. Ces documents sont géoréférencés puis digitalisés sur le logiciel Arc info.

a) Géoréférencement

Il s'agit de caler sous « Arc map 10.6 » l'ensemble des documents aux mêmes systèmes de projections (UTM- WGS 84- fuseau 31) et aux mêmes unités (mètres), afin que les documents aient les mêmes coordonnées, de telle sorte que les nombreuses couches de données puissent être superposées et donner lieu à une analyse géographique exploitable.

b) Création des fichiers de forme (Shape file)

Pour chaque variable, sous « Arc map 10.6», il faut créer des fichiers de forme (couches en mode vecteur) et chaque couche est caractérisée par des champs attributaires dont on peut modifier le contenu.

3.3.2 Analyse statistiques des données recueillies

L'absence de coordonnées géographiques pour les incendies enregistrés au niveau de la wilaya de Béjaia durant la période allant de 2001 à 2015 nous a amenés à utiliser les données provenant de la NASA, Earthdata du satellite MODIS (Moderate-Resolution Imaging Spectroradiometer).

Les informations sur les départs de feu, fournies par ce satellite nous renseignent sur les coordonnées géographiques, la date, l'heure et l'intensité de chaque point.

Par extraction des valeurs de pixel de chaque raster correspondant aux couches suivantes : pente, exposition, occupation, lithologie, population, bioclimat et pluviométrie nous avons pu avoir une base de données dans le but d'effectuer des analyses et traitements statistiques sous le programme « R ».

R est un logiciel d'analyse statistique qui fournit toutes les procédures usuelles (t-tests, anova, tests non paramétriques...) et possède des possibilités graphiques performantes pour visualiser les données.

a) Analyse des données statistiques des incendies du point de vu fréquence et ampleur durant la période 2001-2015.

Cette étape consiste en une analyse des données d'incendie enregistré durant la période 2001-2015, visant à déceler les périodes (mois et années) dites de références durant lesquelles de grandes superficies touchées ont été enregistrées dans la zone d'étude.

Par la suite, une analyse de la répartition spatiale des incendies en fonction des facteurs tels que : pente, exposition, bioclimat, pluviométrie, lithologie, occupation et population est réalisée. Cette étape consiste à attribuer pour chaque point de départ de feu, les valeurs de pixel des différents paramètres cités.

b) Analyses statistiques (ACP, ANOVA)

L'Analyse en composantes principales (ACP) a été utilisée pour comparer les catégories des causes d'incendies dans le territoire de la wilaya de Béjaia pour la période 2001-2015).

L'analyse de la variance (Anova) a été utilisée dans l'objectif d'étudier l'influence d'un ou plusieurs facteurs sur une variable quantitative. La prise en compte de deux facteurs simultanément multiplie les situations possibles de l'analyse de la variance. Un effet interaction entre les deux facteurs considérés s'ajoute à l'effet principal de chacun d'eux. Nous distinguons les modèles croisés, où les deux facteurs interviennent de façon analogue, et les modèles hiérarchisés dans lesquels un facteur est subordonné à l'autre.

Chapitre IV : Modélisation de l'aléa incendie des habitats naturels dans la région de Bejaia.

4.1 Préparation et validation des jeux de données feux

La modélisation des risques d'incendie a utilisé les points chauds d'incendie MODIS et les zones brûlées comme variables cibles et l'ensemble de 12 variables environnementales et anthropiques (Tableau15) comme variables explicatives. Toutes ces données ont été géoréférencées à l'aide d'ArcMap v.10.6 sur une grille de cellules régulière (raster) avec une résolution spatiale de 500 m à l'aide de l'outil « fishnet » d'arcgis. La zone d'étude comprenait donc une matrice de 12 877 cellules. Le nombre de cellules avec feu était de 3091 (environ 25% du nombre total de cellules) et le nombre total de cellules sans feu était de 9786 (environ 75%).

L'approche de cette étude est illustrée dans la Figure 12.

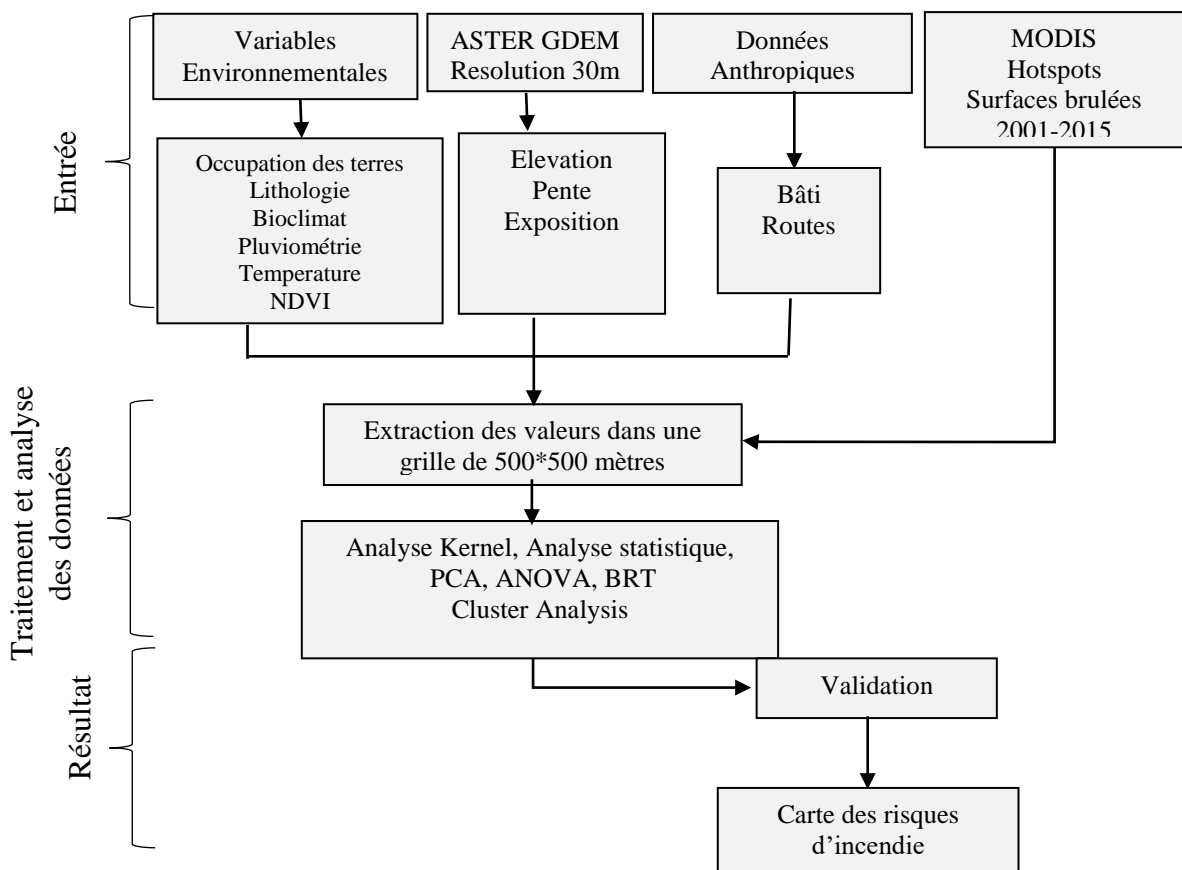


Figure 12: Organigramme de la méthodologie globale utilisée pour identifier les risques d'incendie dans la région de Bejaia.

4.2 Modélisation du risque d'incendie

Tout d'abord, nous avons calculé les caractéristiques de base de l'activité du feu à l'aide des points chauds et des zones brûlées MODIS. Cela incluait le nombre d'incendies, leur distribution saisonnière et interannuelle, la distribution des valeurs des zones brûlées et plusieurs indices qui résument l'incidence des incendies dans la région de Bejaia, comme la superficie totale brûlée en référence à la superficie totale des couvertures inflammables. Le modèle d'occurrence du feu a été calculé en utilisant la présence / absence de feu par pixel et les 12 variables environnementales et anthropiques.

Premièrement, nous avons soumis nos données à une analyse en composantes principales (ACP) afin de tester la corrélation entre les variables (Fig.13). Deuxièmement, nous avons modélisé la présence / absence de feu à l'aide d'une analyse d'arbre de régression renforcée (BRT) qui est une technique d'apprentissage automatique efficace (Elith et al.2008) bien adaptée pour évaluer comment les facteurs environnementaux ou anthropiques conduisent les différentes tailles de feux. Elle peut améliorer la prédiction par rapport aux méthodes statistiques classiques telles que la régression logistique (Rodrigues et de la Riva 2014). La fréquence des incendies du modèle BRT était basée sur l'utilisation de données binaires (présence / absence). Ils explorent les données environnementales sans les hypothèses restrictives des statistiques paramétriques (par exemple, Aertsen et al.2010; Curt et al.2015), optimisent les performances prédictives (De'ath, 2007), qui sont flexibles et faciles à interpréter et tiennent compte de la colinéarité (Elith et al.2008).

Le modèle BRT a été construit à l'aide du package R «gbm» (Ridgeway 2013). Un ensemble de données d'apprentissage (50% des données) a été utilisé pour construire le modèle, puis un second de 50% pour évaluer la précision de la classification. Le nombre d'arbres a été fixé à 20 fois la validation croisée (Elith et al.2018). Les données d'apprentissage sélectionnées au hasard pour la comparaison de chaque arbre étaient de 0,5, un taux d'apprentissage de 0,005 qui contrôle la vitesse d'apprentissage de l'algorithme et une taille d'arbre de 5. Cela a abouti à un minimum de 3000 arbres. La performance prédictive du modèle a été évaluée à l'aide de l'ASC (aire sous la courbe de l'opérateur récepteur; (Pearce

et Ferrier 2000) est considérée comme modérément bonne pour l'ASC 0,6 à 0,9 et excellente pour l'ASC > 0,9.

Nous avons effectué un test supplémentaire de prévalence en utilisant les zones brûlées MODIS afin de déterminer si les plus grands incendies (> 100 ha) ont brûlé sélectivement certaines formations végétales plus ou moins que prévu en fonction de leur surface totale dans la zone d'étude. À cette fin, nous avons superposé les zones brûlées à la carte de l'occupation des terres et nous avons extrait la zone brûlée pour chaque type de formation. La distribution des zones brûlées pour chaque type de ces formations végétales (« observée ») a été comparée à la distribution de valeurs simulées (10 000 répliques de Monte Carlo) basée sur la distribution réelle des parcelles de chaque type de couverture dans le paysage. Si la valeur « observée » se situe dans les valeurs compte tenu des seuils de signification pour la distribution simulée, on peut conclure que ce type de formation végétale donné est brûlé. L'indice de prévalence indique pour un type de couverture végétale donné s'il est brûlé beaucoup plus bas (-1), de manière non significative (0), ou bien plus élevé (+1) que prévu sur la surface totale.

Nous avons également effectué une analyse en grappes dédiée à discriminer des assemblages spécifiques de variables environnementales et anthropiques (c'est-à-dire une sorte de type de paysage-bioclimat) puis testé ces grappes contre l'activité du feu. Cette analyse a été réalisée en utilisant les principales variables environnementales et anthropiques déterminées par l'analyse BRT. Ces variables ont été regroupées en unités de bioclimats paysagers à l'aide d'une analyse « k-means » sous R avec le package stats R v. 3.6.0.

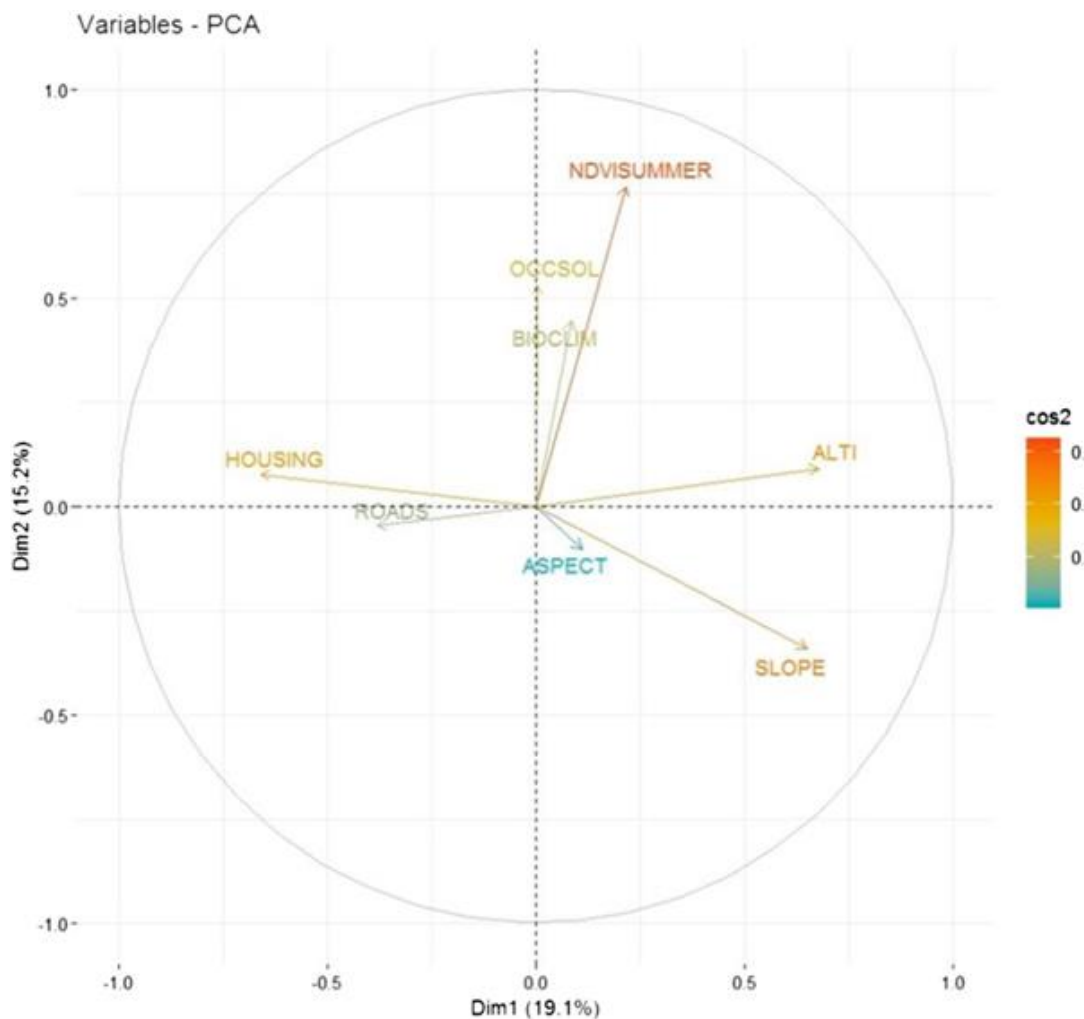


Figure13:Analyse en composantes principales (ACP) des principales variables environnementales et anthropiques à Bejaia.(bâti, route, exposition, altitude, pente ; bioclimat, occupation des sols et NDVI été).

4.3 Résultats

4.3.1 Caractéristiques du régime de feu

Le régime des feux à Bejaia est caractérisé par une forte concentration des feux et de zones brûlées en été: 95% des incendies et 97% des surfaces brûlées se produisent de juillet à octobre (Fig.14). La superficie brûlée annuelle moyenne varie fortement, elle est particulièrement élevée pour certaines années (Fig.15); La durée moyenne annuelle de la saison des incendies est de 130 jours, et elle ne change pas de façon significative selon les types de couverture terrestre qui sont presque tous brûlés pendant l'été. La distribution mensuelle du nombre de feux est très similaire pour les différents types de couverture terrestre. Les jours avec des incendies d'été sont caractérisés par des températures significativement plus élevées, des précipitations et humidité de l'air plus faibles que les jours d'été sans incendie (valeur de Wilcoxon $p < 0,005$; figure 16).

La distribution de la taille du feu est très asymétrique avec de nombreux petits (<10 ha) et feux moyens (<50 ha) et quelques grands feux (> 100 ha). Les plus grands incendies (> 100 ha) ne représentent que 11% du nombre total d'incendies mais ils représentent 67% de la superficie totale brûlée de 2001 à 2015. Un seul très grand incendie supérieur à 1000 ha a été enregistré au cours de la période étudiée (1231 ha).

Les combustibles des forêts et des marais couvrent 36% de la région de Bejaia. Lorsque l'on tient compte de tous les types d'occupation des sols, qui sont potentiellement sujets aux incendies (c'est-à-dire les forêts, les formations arbustives, les terres agricoles, les pâturages et les bosquets) et qui ont effectivement brûlés, la superficie totale susceptible de brûler représente 98% de la région. En moyenne, 2,5% des forêts et des marais de la région sont brûlés chaque année et 6,6% de l'ensemble des formations combustibles. Cette valeur est beaucoup plus élevée que la valeur moyenne du nord de l'Algérie (soit 0,85% selon [Meddour-Sahar 2015](#)) et celles de la Tunisie voisine (0,19%; [Belhadj-Khedher et al.2018](#)). Par conséquent, le cycle du feu nécessaire pour brûler une zone équivalente à la région de

Bejaia est de 41 ans. Selon des témoignages oraux, les incendies de surface sont prédominants dans les pâturages, les terres agricoles et les oliveraies ; tandis que, les incendies de surface et les feux de cime coexistent dans les forêts et les broussailles.

Les combustibles végétaux ont brûlé de manière sélective en fonction de leur inflammabilité intrinsèque mais aussi des motivations humaines de mise à feu, notamment les pratiques agro-sylvo-pastorales. Les tests de prévalence des incendies pour les différents types de combustibles ont clairement indiqué que les forêts et les marais avaient brûlés beaucoup plus que prévu en fonction de leur surface et qu'ils étaient fréquemment touchés par de grands incendies (tableau 16). Les terres agricoles et les bosquets ont été brûlés fréquemment mais avec une prédominance de petits incendies et une très faible probabilité de générer de grands incendies. Les pâturages ont été modérément brûlés et avec une répartition équilibrée de la taille du feu.

Tableau 16: Prévalence de différents types de couverture terrestre pour les incendies ou les grands incendies dans la région de Bejaia.

Types d'occupation des sols	% Surface totale	% feux	% Grands incendie
Agriculture	32,3	<i>19,6</i>	8,8
Forêts	19,3	31,1	41,9
Maquis	20,1	<i>13,6</i>	8,0
Paturages	10,2	10,9	13,9

Les chiffres indiquent le pourcentage de chaque type de couverture terrestre par rapport à la superficie totale de la zone d'étude, au nombre d'incendies et au nombre de grands incendies (> 100 ha). Les valeurs en italique indiquent des valeurs beaucoup plus faibles que prévu pour la surface totale selon 10 000 simulations de Monte Carlo, et les valeurs en gras indiquent des valeurs beaucoup plus élevées que prévu pour la surface totale selon les 10 000 simulations de Monte Carlo. Les forêts comprennent les forêts naturelles et les

reboisements. Les bosquets comprennent les oliveraies et l'arboriculture. Les broussailles comprennent les broussailles nues et les broussailles boisées.

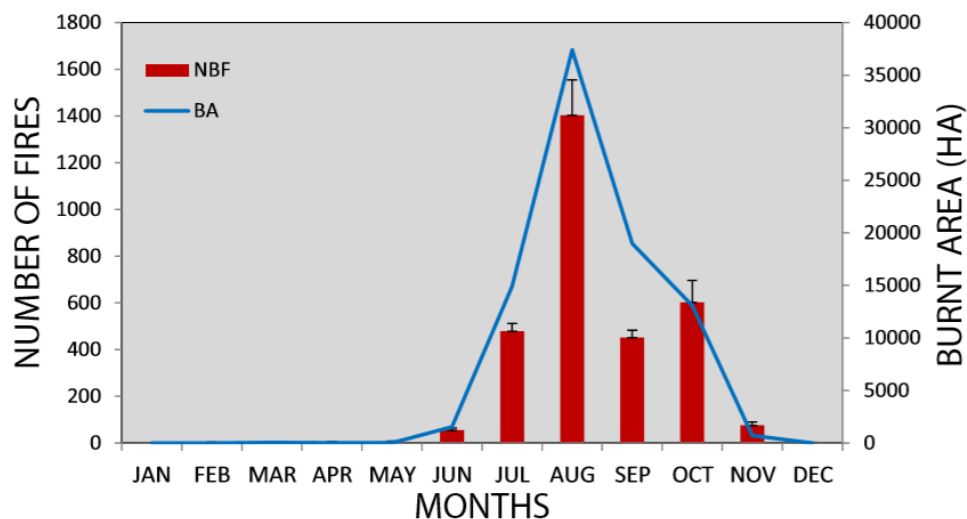


Figure 14: Nombre mensuel d'incendies et superficie brûlée (ha) dans la région de Bejaia pour la période 2001-2015, selon les données d'incendie MODIS. Les barres verticales pour le nombre de feux correspondent à l'erreur standard. BA est la zone brûlée et NBF est le nombre d'incendies

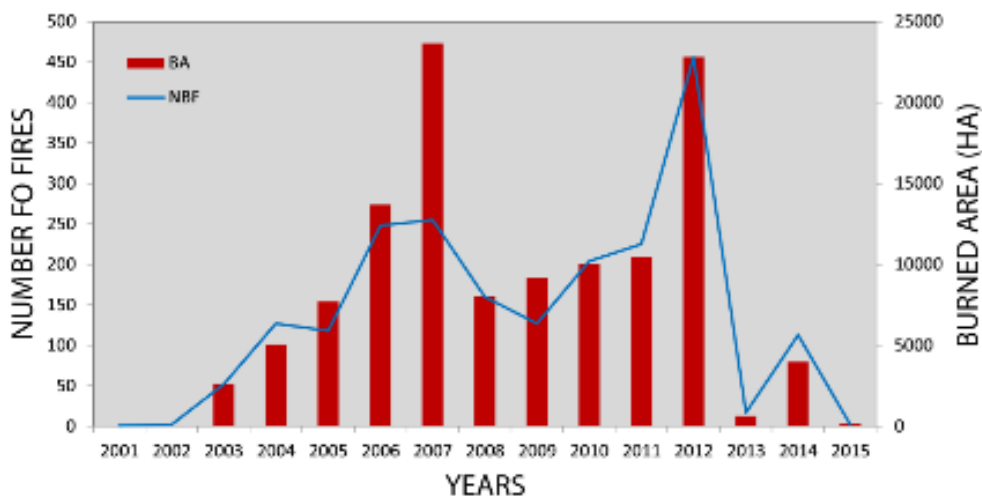


Figure 15: Nombre annuel d'incendies et de surfaces brûlées (ha) dans la région de Bejaia pour la période 2001-2015, selon les données d'incendie MODIS. BA est la zone brûlée et NBF est le nombre d'incendies.

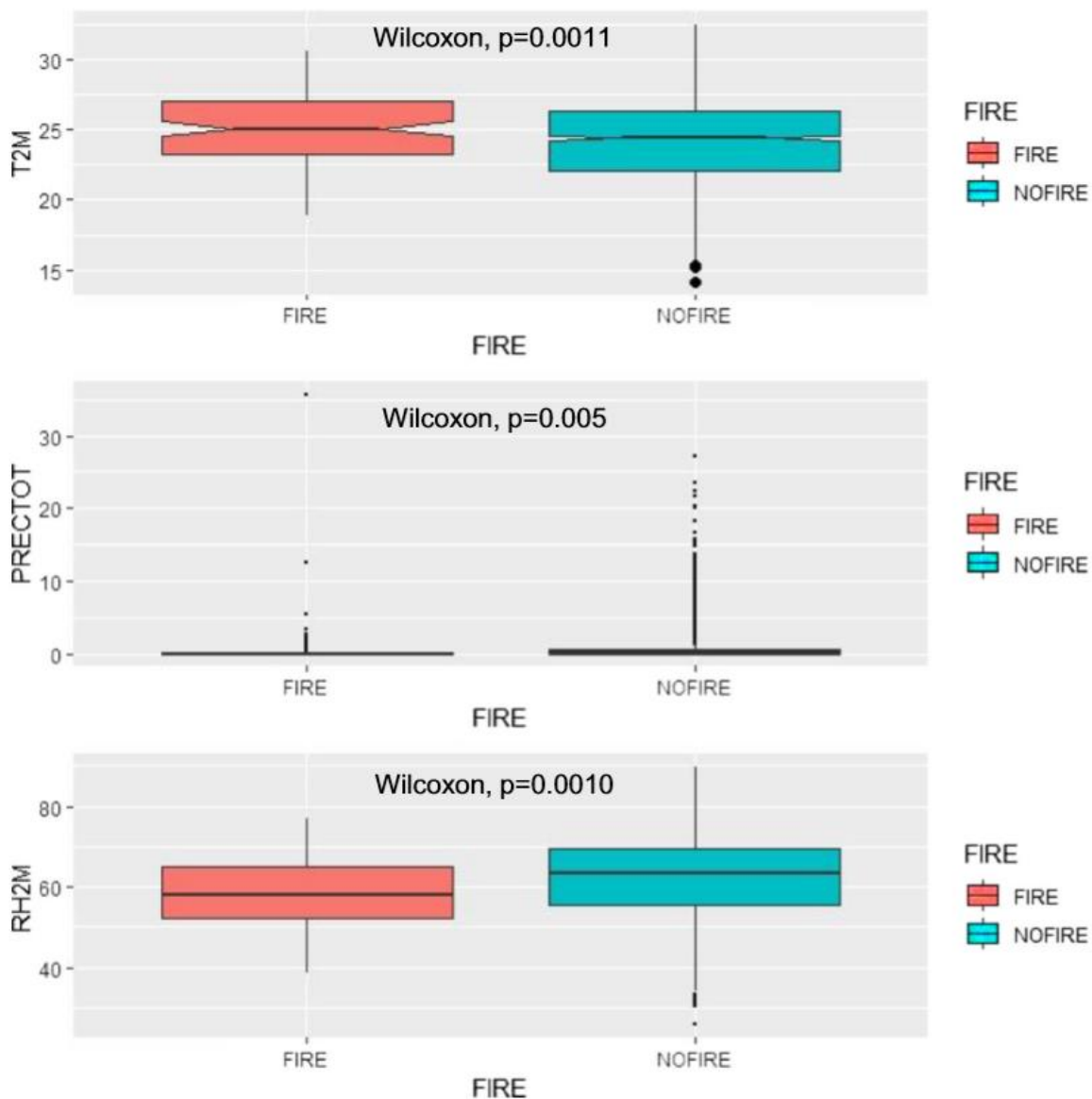


Figure 16: Test d'analyse de variance sur les paramètres météorologiques pour les pixels non feu et les pixels feu dans la région de Bejaia. T2M est la température moyenne (° C), PRECTOT est la pluie (mm) et RH2M est l'humidité moyenne de l'air (%). Les valeurs de p des tests de Wilcoxon inférieurs à 0,05 indiquent une différence statistiquement significative entre le feu et le non-feu.

4.3.2 Le modèle de risque d'incendie

L'analyse BRT a permis de prédire l'activité du feu avec une performance prédictive très élevée et une valeur AUC = 0,92 (Fig.20) et elle correspond très bien aux points chauds du feu MODIS. Les 8% d'erreurs ont été distribués de façon presque aléatoire dans la zone d'étude (données non présentées). Elle a montré que la survenue d'incendies dans la région de Bejaia s'explique d'abord par le bioclimat, les types bioclimatiques humides regroupant 63% du nombre total de hotspots de feu MODIS et 85% de la superficie totale brûlée. Ces variantes bioclimatiques humides correspondent parfaitement aux principaux points chauds du feu calculé avec l'estimation de la densité du noyau. Les trois variantes du bioclimat subhumide correspondent à une faible fréquence des feux, et le feu est presque absent des deux variantes du bioclimat semi-aride. Les précipitations diminuent et la température annuelle moyenne augmente des bioclimats humides aux semi-arides. Dans le même temps, les bioclimats sont clairement en corrélation avec différents types de couverture terrestre (c'est-à-dire les types de combustibles) et différentes valeurs de NDVI (c'est-à-dire la biomasse de combustibles).

Les types de couverture terrestre déterminent également la fréquence des incendies car certains types brûlent plus que d'autres. Les forêts, les formations arbustives et les formations arbustives boisés sont les types les plus sujets au feu, qui sont brûlés beaucoup plus que prévu selon une loi aléatoire. Les pâturages sont modérément brûlés, les terres agricoles et les bosquets sont brûlés à basse fréquence, beaucoup moins que prévu selon leur superficie totale. Les zones urbaines avec une densité d'habitations supérieure à 25% ne présentent presque pas d'incendie. Le calcul de Monte Carlo n'a montré aucun effet du type de couverture terrestre sur la superficie brûlée par les grands incendies (> 100 ha) par rapport aux petits et moyens incendies (<100 ha). La valeur NDVI estivale a également un effet avec une fréquence de feu maximale à des valeurs supérieures à 0,5 et une très faible probabilité de feu à des valeurs inférieures à 0,2.

L'élévation influe sur la fréquence des incendies. Ces derniers touchent surtout les territoires situés de préférence au-dessus de 500 m d'altitude, avec un maximum à environ

1100–1200 m. Cela correspond aux forêts et à leurs arbustes associés, ainsi qu'aux bioclimats humides. La pente et l'aspect ont un impact très faible sur la fréquence des incendies. De même que pour la densité des habitations, l'activité maximale du feu est enregistrée à une distance d'environ. 400 m des routes et elle décroît de façon exponentielle mais avec une queue de répartition plus élevée que pour les habitations.

Les facteurs anthropiques jouent également un rôle dans l'activité du feu: la densité des habitations a un impact équivalent à l'altitude, avec une activité maximale du feu correspondant à des pixels à faible densité d'habitations (<15%). La figure 17 montre que l'activité maximale du feu est enregistrée à env. 400 m des premières maisons et il décroît selon une fonction exponentielle inverse. Presque aucun incendie ne se produit à plus de 2 km d'une maison. La densité des routes a un faible effet statistique mais inverse de celui des autres facteurs anthropiques car une densité élevée ou des routes favorise une fréquence élevée des incendies.

Dans l'ensemble, nous avons constaté des limitations majeures à l'activité des incendies dans la région de Bejaia. La principale limitation est induite par le climat : presque aucun incendie ne se produit si la pluviométrie annuelle moyenne est inférieure à 800 mm et si la biomasse du combustible est faible (NDVI summer <0,2). Inversement, l'activité du feu culmine si NDVI summer est supérieur à 0,5 (Fig.23; Fig.24). De plus, nous avons constaté que presque aucun incendie ne se produit si la densité des habitations est supérieure à 25% dans un pixel de 500 × 500 m. Par conséquent, l'activité des incendies dans la région de Bejaia est tracée au niveau du NDVI(Fig.25).

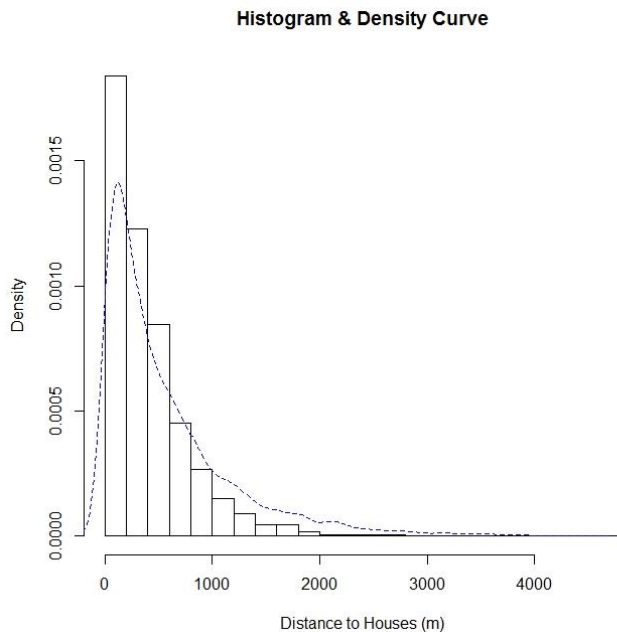


Figure 17:Répartition de la distance (en mètres) entre tous les points chauds d'incendie MODIS et la maison la plus proche dans la région de Bejaia. Le tiret indique le modèle le mieux ajusté.

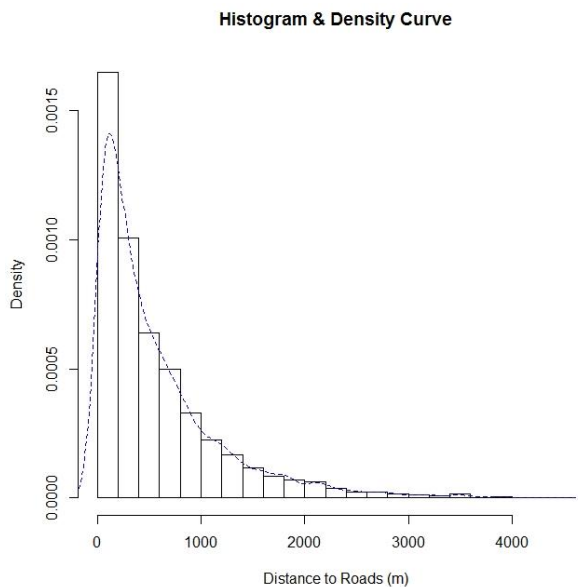


Figure 18:Répartition de la distance (en mètres) de tous les points chauds d'incendie MODIS à la route la plus proche dans la région de Bejaia. Le tiret indique le modèle le mieux ajusté.

4.3.3 L'analyse des grappes paysagères

L'ACP et les résultats du BRT ont montré que les principaux facteurs de fréquence des incendies (c.-à-d. les bioclimats, les types de couverture terrestre, l'altitude, la densité du logement, la valeur NDVI estivale et la densité des routes) peuvent varier ensemble dans la région de Bejaia (Fig. 20). Leur combinaison donne des grappes de paysages caractérisées par des associations entre le bioclimat, la couverture des terres et les activités humaines. Une analyse de la variance a montré que le niveau de risque d'incendie variait entre ces grappes (ou unités) paysagères dont la zone est décrite dans le tableau 16. Une grappe correspond aux principaux points chauds du feu et se caractérise par des montagnes humides couvertes de forêts et de broussailles associées, avec un fort niveau de NDVI estival, des maisons disséminées et un réseau routier de faible densité (c.-à-d. interfaces urbaines en milieu sauvage). Les zones de faible altitude le long de la vallée de la Soummam sont dominées par des bosquets d'oliviers et l'agriculture sous un bioclimat sub-humide; ils présentent une densité élevée d'habitations et de routes (habitat dense correspondant à de grands villages) et leur fréquence de feux est modérée. La partie orientale de la région de Bejaia sous un bioclimat humide est dominée par l'agriculture et les pâturages à une altitude faible à modérée, avec de faibles valeurs NDVI estivales en raison du surpâturage et de la sécheresse estivale ; elle a également une fréquence des feux modérée. Les deux derniers types sont généralement des interfaces urbaines rurales.

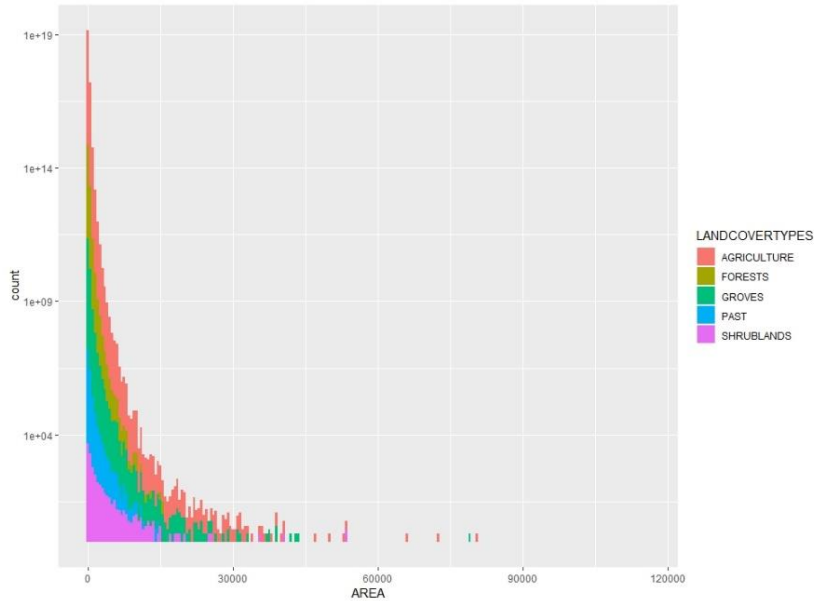


Figure 19: Répartition des parcelles de taille des maisons selon les principaux types de couverture terrestre à Bejaia. Notez l'axe x transformé en log.

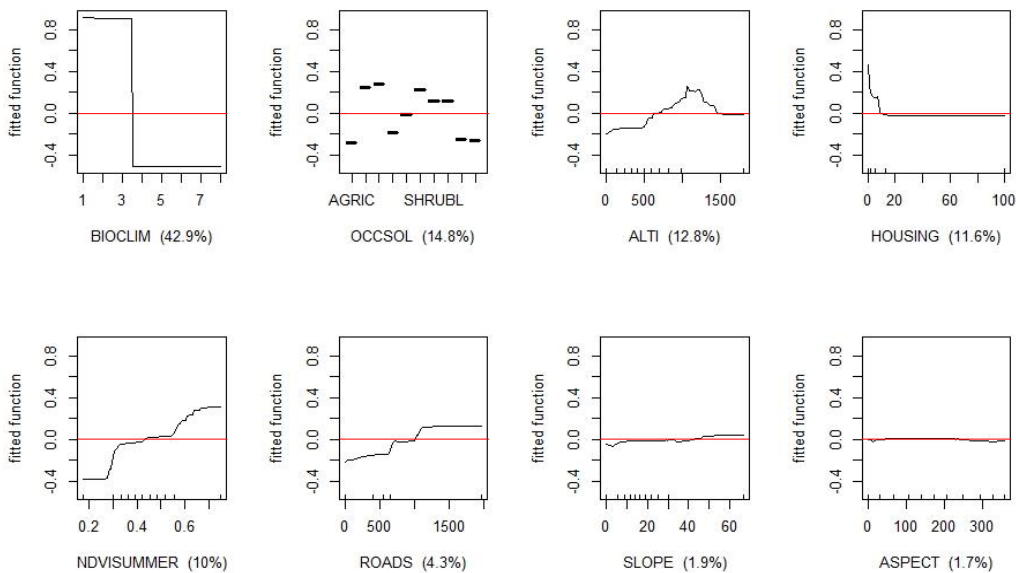


Figure 20: Résultats du modèle de régression boostée (BRT) pour l'activité du feu à Bejaia. Les valeurs de fonction ajustées supérieures à zéro indiquent pour chaque variable un effet positif et les valeurs inférieures à zéro indiquent un effet négatif.

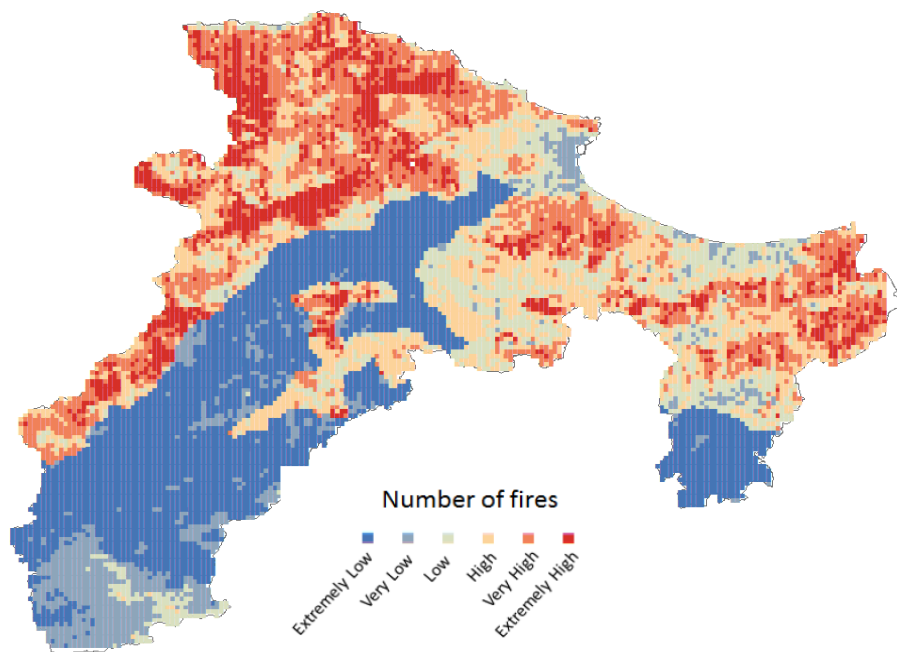


Figure 21:Activité du feu prédite par le modèle BRT dans la région de Bejaia. Les pixels bleu foncé correspondent à un nombre de feu extrêmement faible et les pixels rouge foncé correspondent à une activité extrêmement élevée.

4.4 Discussion

4.4.1 Les caractéristiques du régime des incendies dans la côte algérienne

Le régime des incendies de Bejaia est typique de celui de l'Algérie côtière. Les incendies se produisent en été, indépendamment des années et des types de couverture terrestre, et presque nuls de l'automne au printemps. C'est une caractéristique typique de la bordure sud alors que l'activité des incendies reste élevée dans de nombreux pays euro-méditerranéens de la bordure nord (par exemple, la France) où de nombreux incendies agropastoraux et forestiers sont allumés pour gérer la végétation d'octobre à juin (Curt et al. 2016). Le régime saisonnier uni-modal de Bejaia et la courte durée de la saison des incendies suggèrent que les incendies sont principalement causés par les conditions météorologiques et limités à une étroite fenêtre d'opportunité météorologique dans cette partie de l'Algérie. Cela peut également provenir de pratiques traditionnelles: les gens allument rarement les incendies de l'automne au printemps afin de gérer la végétation dans les pâturages et les terres cultivées.

Nous n'avons trouvé aucune tendance claire dans la fréquence des incendies ou la zone brûlée à Bejaia de 2001 à 2015, mais plutôt une forte variabilité interannuelle qui reflète probablement le début de conditions météorologiques favorables au feu. Cette caractéristique est très courante tout autour du bassin méditerranéen (EFFIS 2016), avec des années d'activité très élevée (ici, 2006, 2007 et 2012 représentent environ la moitié de la superficie totale brûlée) et des années de faible activité.

La distribution de la taille des incendies est généralement asymétrique à gauche avec de nombreux petits incendies et quelques grands incendies, car elle est presque mondiale et notamment dans le Manitoba (Turco et al. 2018). Mais il ne montre aucune occurrence de mégafires de milliers d'hectares comme de nombreux pays de la rive nord de la Méditerranée tels que le Portugal, l'Espagne, la Grèce ou la France. Cela peut être dû à la proportion élevée de terres cultivées, de pâturages ou de bosquets à faible biomasse combustible. En effet, les pratiques agro-silvopastorales traditionnelles sont encore très

actives à Bejaia. En outre, le surpâturage, la désertification et les combustibles limitent le climat dans le sud-ouest de la région, près de la frontière du Sahara.

Au total, l'incidence des incendies est modérée à Bejaia en raison d'une courte saison des incendies limitée à l'été au début de l'automne, ainsi qu'à la sécheresse et au surpâturage qui éliminent une grande partie de la biomasse. Cependant, il est plus élevé que dans de nombreuses régions de la Tunisie et de l'Algérie (Meddour-Sahar 2014).

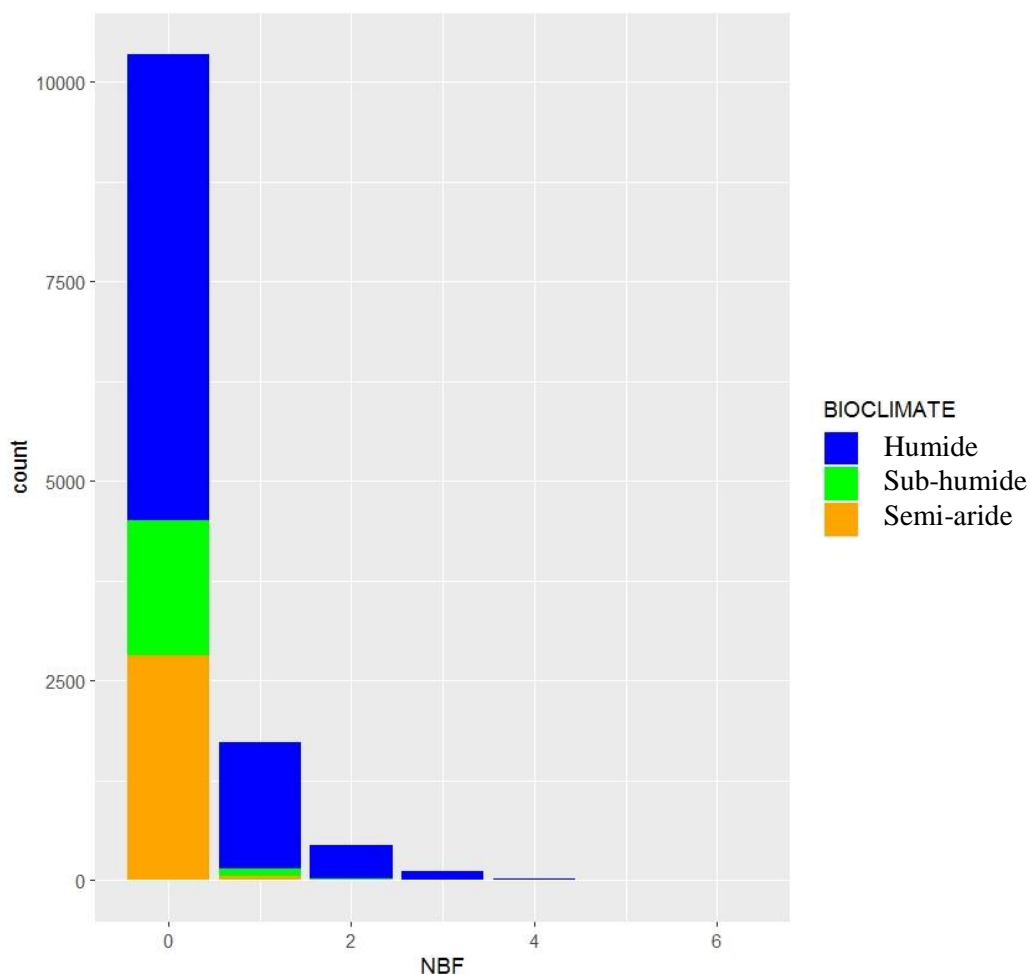


Figure 22: Analyse de la variance du nombre de points chauds d'incendie en fonction du bioclimat

4.4.2 Les conducteurs des incendies et des zones brûlées

Le bioclimat est sans aucun doute le principal moteur de l'activité des incendies dans la région de Bejaia. L'activité du feu culmine dans les trois bioclimats humides où les précipitations sont maximales et toujours supérieures à 800 mm an-1. Les deux bioclimats subarides avec des précipitations annuelles minimales (<500 mm an-1) ont l'activité de feu la plus faible, tandis que les trois bioclimats sub-humides intermédiaires ont une activité de feu modérée. La conclusion que l'activité du feu est maximale là où les précipitations sont maximales est contre-intuitive dans le bord nord du bassin méditerranéen, mais c'est logique pour le bord sud. La quantité de carburant est clairement limitée par le bioclimat dans le sud de l'Algérie, et une quantité élevée de carburant (c'est-à-dire une inflammabilité élevée du carburant et une propension du feu à se propager) est favorisée par une quantité élevée de précipitations en hiver et au printemps, suivie par des températures élevées et une sécheresse en été. Les utilisations des sols, les types de couvert végétal et les combustibles végétaux jouent également un rôle majeur, en lien avec les bioclimats et les activités anthropiques. En effet, certains carburants correspondent à certains bioclimats, et les carburants sont également enflammés préférentiellement par l'homme à certaines fins. La fréquence des incendies est élevée dans les terres agricoles, les bosquets, les pâturages, les forêts et les arbustes (y compris les arbustes boisés).

Les humains jouent un rôle majeur dans l'allumage des incendies, qui est clairement capturé par la densité des logements et des routes. Ces variables indiquent la pression humaine sur les allumages. Une densité plus élevée de maisons ou de routes favorise les incendies, avec un effet maximal à une distance d'environ. 400 m des maisons et des routes.

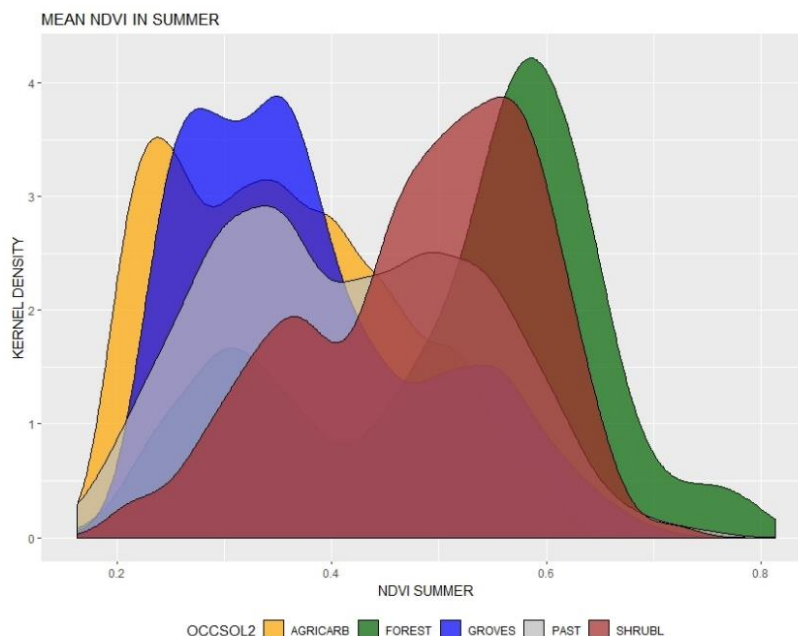


Figure 23: Densité de noyau des valeurs d'été NDVI (indice de végétation par différence normalisée) dans la région de Bejaia pour les principaux types de couverture terrestre. AGRICARB correspond aux zones agricoles et arboricoles ; FOREST comprend tous les types de forêts ; GROVES comprend tous les bosquets ; PAST comprend tous les pâturages ; SHRUBL comprend toutes les broussailles (broussailles nues et broussailles boisées).

4.4.3 Régionalisation à Bejaia

De nombreuses interactions existent entre le bioclimat, les combustibles, le paysage et les activités humaines. L'approche par grappes a abouti à cinq types de paysages caractérisés par une association spécifique entre ces facteurs et une activité spécifique du feu. La fréquence des incendies et la superficie brûlée les plus élevées se produisent de préférence dans les forêts de chênes verts et les marécages des bioclimats humides et sub-humides à haute altitude (600 –1200 m) et avec des habitations et des routes disséminées. Il est clairement motivé par le bioclimat et les combustibles. Un autre groupe à forte activité de feu correspond aux terres agricoles, aux pâturages et à l'arboriculture à moyenne altitude avec une densité d'habitation moyenne et une biomasse de combustible modérée. (Fig.21).

4.4.4 Limitation des incendies: le rôle du bioclimat et des combustibles

La fenêtre météorologique d'opportunité des incendies à Bejaia est assez limitée dans le temps chaque année: les précipitations sont assez abondantes en hiver et au printemps, et la température moyenne d'été est modérée (25 ° C en août). Dans ces conditions, le feu n'est accru que pendant quelques mois d'été. Inversement, le feu est limité par de faibles quantités et une sécheresse élevée des combustibles végétaux en été. Cette étude a montré que la présence d'un incendie est très peu probable lorsque la valeur d'été NDVI est inférieure à 0,25, ce qui correspond principalement aux forêts sous climat semi-aride (précipitations annuelles moyennes <350 mm) ou aux pâturages et aux zones agricoles surexploitées dans les sous-régions des zones humides. Les forêts xériques du sud de *Pinus halepensis* ou de chênes sous climat semi-aride brûlent donc rarement en raison d'un sous-étage arbustif ou herbeux clairsemé et de petite taille (WWF 2018). Les changements climatiques en cours peuvent ajouter à cette limitation depuis l'augmentation des périodes de sécheresse (Sahnoun et al.2013) et la désertification qui a augmenté en raison de l'augmentation de la sécheresse et du surpâturage: elle est désormais alarmante (Djeddaoui et al.2017).

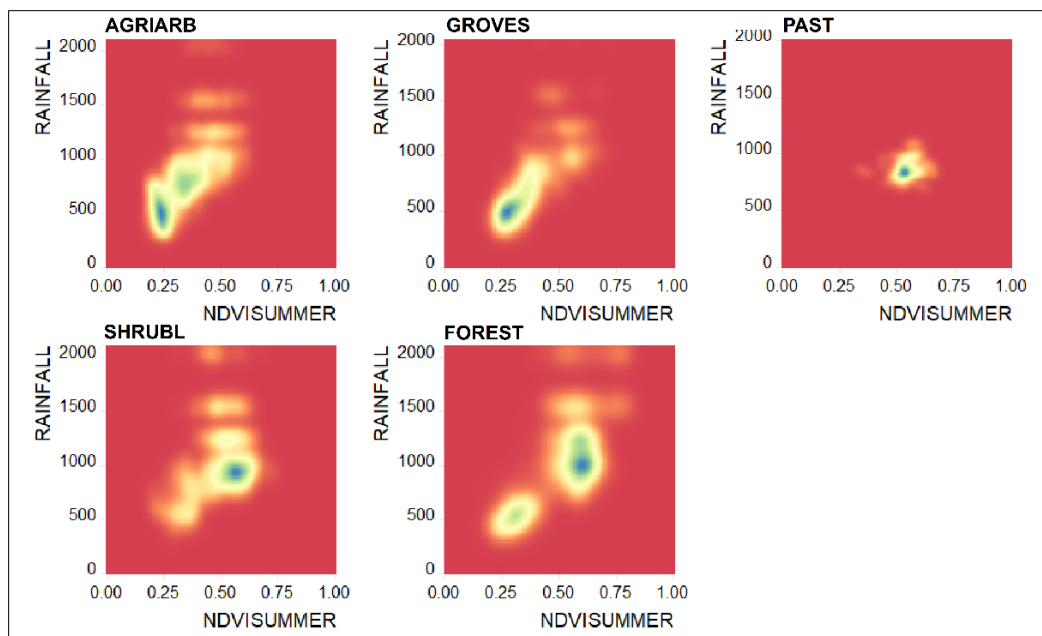


Figure 24:Densité du NDVI et précipitations pour les principaux types d'occupation des sols.

4.4.5 Changements à long terme et changements possibles du risque d'incendie

Comme dans de nombreux pays autour de la zone métropolitaine, l'activité des incendies dans les régions côtières de l'Algérie est le résultat des contraintes bioclimatiques ainsi que de la pression humaine sur les incendies et des feux sélectifs dans les couvertures terrestres. Les contraintes climatiques se déclenchent par une limitation du combustible le long d'un gradient latitudinal, qui se superpose aux autres éléments environnementaux et anthropiques. Cependant, il n'est pas certain que les changements climatiques en cours favoriseront de grands incendies dans cette zone d'étude, car l'augmentation des sécheresses et de la sécheresse du carburant, du surpâturage et de la désertification peuvent limiter les combustibles dans la partie sud.

L'analyse des causes des incendies de feu a indiqué que les zones les plus sujettes aux incendies couvertes de forêts et d'arbustes sont dues à des allumages délibérés afin de nettoyer la végétation pour urbaniser ou à des incendies politiques (c.-à-d. Allumés par l'armée algérienne pour prévenir le terrorisme), ou aux pratiques forestières ([Meddour-Sahar 2015](#)). Alors que la pression démographique et l'urbanisation progressent encore, ces incendies ne régresseront probablement pas. Dans les terres agricoles et les bosquets, la plupart des incendies sont allumés exprès pour nettoyer la végétation et brûler les résidus de l'agriculture. Les incendies pastoraux sont très fréquents: les bergers brûlent les pâturages ou les broussailles afin de favoriser la repousse des herbes. Comme la prévention, la détection et la suppression des incendies ne sont pas très actifs, les incendies persisteront ou augmenteront au cours des prochaines décennies.

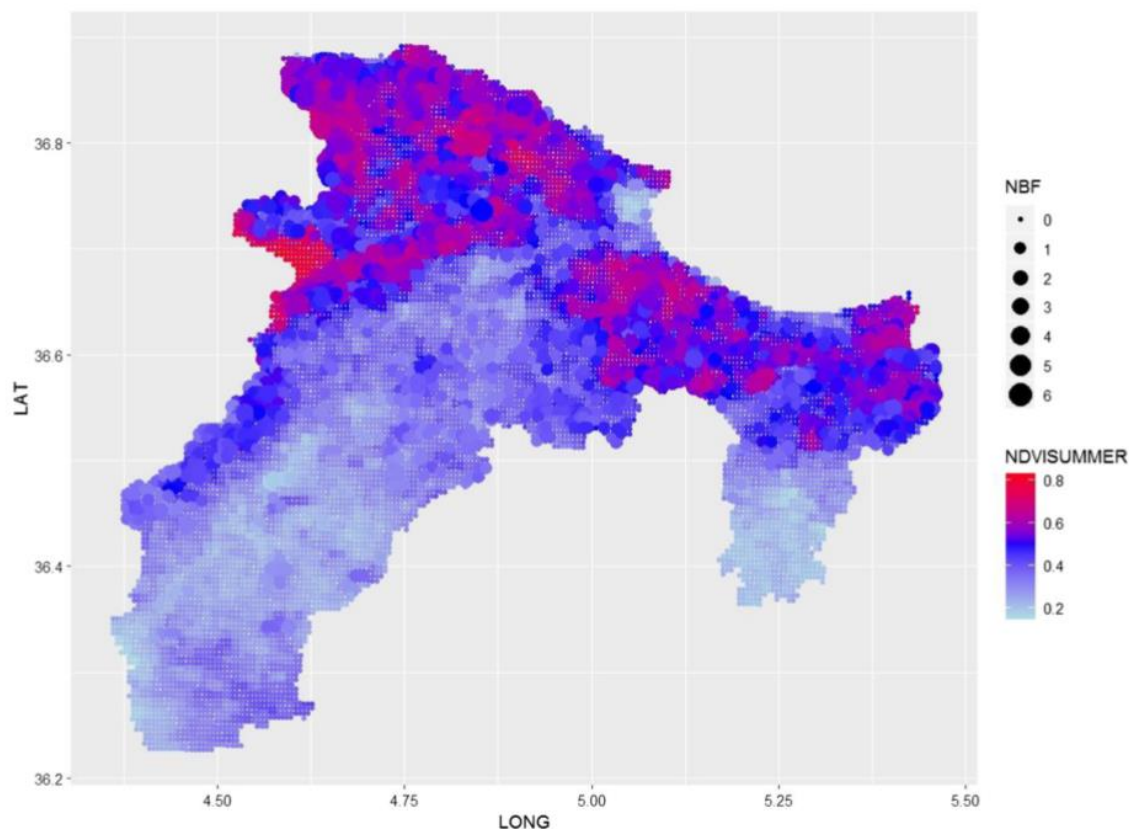


Figure 25: Carte du nombre de feux (NBF) et des valeurs estivales NDVI (indice de végétation par différence normalisée) dans la région de Bejaia.

Le tableau d'ensemble montre que le nord de l'Algérie est encore une société rurale traditionnelle qui utilise le feu à de nombreuses fins, notamment pour gérer la végétation. Dans de tels systèmes traditionnels, le feu est actif et cela régule la quantité de carburant dans les paysages. Comme ces paysages sont régulièrement brûlés et gérés par l'agriculture, le pastoralisme ou la foresterie, la probabilité d'avoir de très grands feux (c'est-à-dire des milliers d'hectares) est faible. La région de Bejaia correspond parfaitement à l'hypothèse du régime de feu passé développée par Chergui et al. (2017): le régime actuel des incendies « ruraux » reste dominé par de petits incendies peu fréquents. Il ressemble au régime des incendies du passé de l'Europe méditerranéenne avant l'effondrement rural massif et la fermeture du paysage par les combustibles décrits Moreira et al. (2011).

Tableau 17: Caractéristiques des sous-régions des unités de paysage et activité des incendies.

Zones	Type occupation des sols	Urbanisation et infrastructures	Activité du feu
Vallée de la Soummam	Agriculture intensive	RUI	Faible
Mounts de Seddouk	Agriculture de montagne	RUI	Moyenne
Massif Est de Bejaia et Massif Ighil Ali	Agro-sylvopastoral	RUI	Forte
Ouest vallée de la Soummam	Agriculture de montagne	RUI	Moyenne
Massif Ouest de Bejaia	Foret et arbustives	WUI	Forte

4.4.6 Implications pour la prévention, la suppression et la gestion à long terme des forêts / territoires.

L'Algérie est confrontée à des problèmes d'incendie comme tous les pays du bassin méditerranéen (EFIMED 2011; Fao/EFIMED 2011). Les moyens de suppression des incendies étant assez limités, la gestion et la prévention du carburant et l'éducation pourraient aider à limiter les incendies indésirables. La prévention d'un risque d'incendie quotidien élevé peut être améliorée en utilisant le calcul d'indices de danger d'incendie tels que le FWI (Chergui et al.2017). De nombreux pays convergent désormais vers une gestion intégrée des feux de forêt (EFIMED 2011) qui proposent d'utiliser le feu comme outil mais aussi de gérer les forêts et les combustibles afin de limiter les allumages indésirables et les grands incendies à long terme. Les forêts et les broussailles associées sont fréquemment brûlées, notamment à des fins de sécurité nationale et d'urbanisation. Cependant, ces terres sauvages sont également des points chauds importants pour la diversité, et elles méritent d'être conservées. La planification de l'utilisation des terres devrait se concentrer sur les zones à risque d'incendie, qui ont été mises en évidence.

Conclusion

Cette étude a fourni le premier modèle d'activité du feu pour la côte humide d'Algérie (région de Bejaia). Elle peut aider à améliorer la prévention, la détection et la gestion des incendies à long terme, en particulier dans les forêts riches en biodiversité à haute valeur de conservation.

CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES

La finalité de cette thèse est autre l'étude de la relation entre les incendies de forêts et les facteurs anthropiques et environnementaux de la région de Bejaia. Pour la bonne compréhension du régime du feu dans cette zone, il nous a fallu consacrer une partie de cette thèse à la présentation des différents paramètres que ce soit environnementaux ou anthropiques qui cernent la problématique des incendies de forêts en Algérie. En effet, l'idée de départ constitue une étape primordiale pour se situer par rapport à ce qui est la réalité des incendies de forêts en Algérie.

Les données MODIS entre nombre d'incendies et surfaces brûlées ne cessent d'augmenter que ce soit à l'échelle nationale ou à l'échelle du périmètre de la zone d'études (région de Bejaia) pour les quinze dernières années. Le choix des questions de la présente thèse est dirigé par la nécessité d'aborder la problématique des incendies de forêts sous l'angle de plusieurs paramètres responsables de départ des feux, car elle est à la fois d'ordre anthropique et environnemental. Le régime des feux se caractérise par une fréquence des feux modérée, concentrée en été, avec des feux de petite à moyenne. L'activité des incendies se concentre dans une étroite bande de 70 km près du bord méditerranéen (l'Atlas Tellien) avec des précipitations et une température suffisante, de nombreux combustibles forestiers et des marécages et des incendies d'origine humaine élevés dans les zones rurales. La fréquence des incendies diminue fortement le long d'un gradient bioclimatique nord-sud qui contrôle la sécheresse du combustible, améliore la biomasse du combustible (dans les zones subhumides) ou la limite (dans les zones subarides).

A partir des résultats obtenus de notre modèle, le bioclimat est le principal moteur de l'activité des incendies dans la région de Bejaia. L'activité du feu culmine dans les trois bioclimats humides où les précipitations sont maximales et toujours supérieures à 800 mm an-1. La conclusion que l'activité du feu est maximale là où les précipitations sont maximales est contre-intuitive dans le bord nord du bassin méditerranéen, mais c'est logique pour le bord sud. Les utilisations des sols, les types de couvert végétal et les

combustibles végétaux jouent également un rôle majeur, en lien avec les bioclimats et les activités anthropiques. En effet, certains types de combustibles correspondent à certains bioclimats, et les combustibles sont également enflammés préférentiellement par l'homme à certaines fins. La fréquence des incendies est élevée dans les terres agricoles, les bosquets, les pâturages, les forêts et les arbustes (y compris les arbustes boisés).

Les humains jouent un rôle majeur dans l'allumage des incendies, qui est clairement capturé par la densité des logements et des routes. Ces variables indiquent la pression humaine sur les allumages. Une densité plus élevée de maisons ou de routes favorise les incendies, avec un effet maximal à une distance d'environ 400 m des maisons et des routes. Les facteurs environnementaux (surtout bioclimat et biomasse) se combinent d'une manière à donner aux petits incendies la possibilité de devenir grands et leur gravité augmente remarquablement avec la sévérité des conditions météorologiques.

Les feux de forêts détruisent la biodiversité, favorisent la désertification, affectent la qualité de l'air, le bilan des gaz à effet de serre et les ressources en eau. Les feux de forêts peuvent en outre avoir des effets négatifs sur la vie humaine et la santé, sur le bien-être, sur le patrimoine culturel et naturel, sur l'emploi, les loisirs, les infrastructures économiques et sociales ainsi que sur de nombreuses activités humaines. Pour cela, y a eu lieu de penser à réduire et de lutter contre ce phénomène qui prend de l'ampleur dans ces derniers temps. La priorité doit être donnée aux approches participatives pour la prévention des feux de forêts, en particulier, en associant la population locale, acteur principal pour garantir une prévention des incendies de forêts efficace, et en impliquant les acteurs publics et privés du secteur forestier (approche locale, actions locales et analyse locale des causes).

Le traitement approprié de la biomasse combustible (réduction de la biomasse) est un facteur clé pour réduire les risques d'incendies de forêts. Une sylviculture préventive, qui éviterait les feux de cimes en traitant les combustibles aériens et en privilégiant les faibles densités ainsi que les discontinuités dans les peuplements forestiers, devrait intégrer une approche territoriale et un choix des espèces appropriées en vue d'accroître la résilience

des écosystèmes forestiers aux incendies de forêts. La rentabilité des écosystèmes forestiers (biens et services - paiement des services environnementaux) doit être encouragée afin d'éviter les causes humaines des incendies de forêts.

Selon le dernier rapport établi par la FAO sur la situation des forêts dans le bassin de la méditerranée et leurs préventions, une série de recommandations ont été citées dont les principales sont :

- Les actions de prévention doivent être intersectorielles avec plus de coordination entre tous les intervenants (propriétaires fonciers, protection civile, développement rural, tourisme, éducation, planification spatiale et services forestiers) aux niveaux national,
- Les aspects juridiques devraient être clarifiées et améliorées par le développement d'incitations positives et d'obligations concernant les actions de prévention des incendies de forêts (propriétaires fonciers, entreprises du bâtiment, etc...) ;
- Une attention particulière devrait être accordée au rôle des forêts dans le contexte du changement climatique afin de sensibiliser sur les risques d'incendies de forêts et sur la nécessité de renforcer les mesures préventives. Les stratégies de prévention doivent être dynamiques, évolutives en fonction des changements socio-économiques, des milieux naturels et d'utilisation de l'espace, et, également, adaptés aux multiples contextes socio-économiques et territoriaux, en prenant en compte tous les facteurs : valeur des forêts, associations de propriétaires forestiers à promouvoir, organisation administrative, niveau de planification territoriale, dynamique spatiale et socio-économique et développement urbain ;
- Des outils spécifiques doivent être développés pour renforcer le soutien et la mise en œuvre effective des mesures de prévention des incendies de forêts :
 - a. Collecte de données sur le coût de la prévention, de l'extinction et de la restauration; b. Création d'un comité interdisciplinaire nationale pour la collecte des données et leur validation;

- c. Normalisation et harmonisation des données ;
 - d. Estimation de l'impact économique des incendies de forêts ;
 - e. Équilibre entre les politiques de prévention et d'extinction au niveau local ;
 - f. Renforcement de la coopération entre les parties prenantes dans les processus de prévention y compris pour l'aménagement du territoire ;
 - g. Promotion de l'éducation sur les forêts et de programmes de recherche appliquée ;
 - h. Développement d'instruments de financement durables.
- La prévention des incendies de forêts devrait être encouragée comme une composante importante de la gestion durable des forêts et, notamment, l'utilisation de la biomasse forestière devrait être intégrée et encouragée dans les politiques forestières nationales ;
 - Une attention particulière devrait être accordée aux nouveaux territoires à risque, tels que les interfaces forêt - habitat, où des mesures préventives spécifiques doivent être envisagées (développement de programmes d'information et de formation, développement de l'assistance technique nécessaire à la mise en œuvre des mesures de prévention et d'auto-protection et prise en compte de ces besoins au niveau de la planification urbaine) ;
 - Tant les décideurs du secteur public que les responsables des entreprises privées devraient être convaincus que la prévention des incendies de forêts doit être considérée comme une priorité plus importante au regard, d'une part, des bénéfices et, d'autre part, des impacts sociaux, environnementaux et économiques des incendies ainsi que le coût élevé des opérations de secours ;
 - Les risques futurs d'incendie de forêts dans le contexte des scénarios du changement global (changement climatique, le changement social, etc...) doit être estimé afin de définir des politiques de prévention durable, des plans d'action et des budgets appropriés.

Pour les gestionnaires des forêts et des territoires, les actions proposées sont :

- La prévention des incendies de forêts doit être considérée comme étant une partie intégrante de la gestion durable des territoires (la gestion des incendies de forêts, incluant des actions de prévention et d'extinction, devrait être une partie intégrante de la gestion forestière durable en cohérence avec toutes les autres politiques pertinentes. En particulier, la gestion des incendies de forêts devrait être intégrée dans les stratégies d'adaptation au changement climatique);
- Le brûlage dirigé doit être une technique alternative, mais soigneusement adapté aux différents contextes (schémas territoriaux) : zones rurales abandonnées, interfaces urbaines, régions rurales productives, etc...
- Les actions de prévention des incendies de forêts, y compris les approches participatives telles que la gestion communautaire des incendies, doivent être privilégiées contre des approches purement orientées vers l'extinction des incendies et doivent être mieux intégrées dans la gestion des forêts et dans la planification de l'utilisation de l'espace.

Références bibliographiques

- Aertsen, W., Kint, V., van Orshoven, J., Özkan, K., Muys, B., 2010.** Comparison and ranking of different modelling techniques for prediction of site index in Mediterranean mountain forests. *Ecological Modelling* 221, 1119-1130.
- Alexandrian, D., Esnault, F. et Calabri G. (1999).** Feux de forêts dans la région méditerranéenne. Analyse des tendances des feux de forêt en Méditerranée et des causes sous-jacentes liées aux politiques. *Unasylva*, 197 (50) : 35-41.
- Archibald, S., Lehmann, C.E.R., Gomez-Dans, J.L., Bradstock, R.A., 2013.** Defining pyromes and global syndromes of fire regimes. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 110, 6442-6447.
- Belhadj-Khedher, C., Koutsias, N., Karamitsou, A., EI-Melki, T., Ouelhazi, B., Hamdi, A., Nouri, H., Mouillot, F., 2018.** A Revised Historical Fire Regime Analysis in Tunisia (1985–2010) from a Critical Analysis of the National Fire Database and Remote Sensing. *Forests* 9, 59.
- Belkaid, 2016.** Analyse spatiale et environnementale du risque d'incendie de forêt en Algérie : Cas de la Kabylie maritime. *Géographie*. Université Nice Sophia Antipolis, Thèse de Doctorat.
- Benslimane, M., Hamimed, A., El Zerey, W., Khaldi, A., Mederbal, K., 2008.** Analyse et suivi du phénomène de la désertification en Algérie du nord. *VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement* 8, 1-9.
- B.N.E.D.E.R., 2008.** Schéma directeur d'aménagement de la wilaya de Bejaia.
- Boudy, P. (1948).** *Economie forestière Nord-Africaine. Milieu physique et humain*. Ed. Larose, Paris, Tome I, 684 p.
- Boudy, P (1952).** *Guide du forestier en Afrique du Nord*. Ed. Maison rustique, Paris, France. pp.505.
- Chergui, B., Fahd, S., Santos, X., Pausas, J.G., 2017.** Socioeconomic Factors Drive Fire-Regime Variability in the Mediterranean Basin. *Ecosystems*.
- Conard, S.G., Latham, D.J. (2000).** Forest Fire Research in the United States: History and Current and Future Needs. In *Euromediterranean Wildfire Meetings. Research Special Session*. Hyères-les-

Palmiers : CEREN.

Curt, T., Borgniet, L., Ibanez, T., Moron, V., Hély, C., 2015. Understanding fire patterns and fire drivers for setting a sustainable management policy of the New-Caledonian biodiversity hotspot. *Forest Ecology and Management* 337, 48-60.

Curt, T., Frejaville, T., Lahaye, S., 2016. Modelling the spatial patterns of ignition causes and fire regime features in southern France: implications for fire prevention policy. *International Journal of Wildland Fire* 25, 785-796.

Davies, D.K., Ilavajhala, S., Wong, M.M., Justice, C.O., 2009. Fire information for resource management system: Archiving and distributing MODIS active fire data. *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.*; 47, 72-79.

De'ath, G., 2007. Boosted trees for ecological modeling and prediction. *Ecology* 88, 243-251.

Djeddaoui, F., Chadli, M., Gloaguen, R., 2017. Desertification Susceptibility Mapping Using Logistic Regression Analysis in the Djelfa Area, Algeria. *Remote Sensing* 9.

DGF - Direction Générale Des Forêts (2004, 2007, 2014). Rapports et bilans sur les incendies de forêts.

Durand-Delga M., 1969. Mise au point sur la structure du Nord-Est de la Berbérie. *Publ. Serv. Géol. Algérie*, n°39, 89-131.

Durand-Delga, M, et Fontboté, J. M., 1980. Le cadre structural de la méditerranée occidentale. *Mém. Bur. Rech : Géol. Min.*, 115, 65-85.

EFFIS, 2016. Forest Fires in Europe, Middle East and North Africa 2015 European Commission, Joint report of JRC and Directorate-General Environment <http://effis.jrc.ec.europa.eu/>, 122 pp.

EFIMED, F., 2011. Wildfire Prevention in the Mediterranean. A key issue to reduce the increasing risks of Mediterranean wildfires in the context of Climate Changes. A Position Paper. Second Mediterranean Forest Week, Avignon (France) April 2011.

Elith, J., Leathwick, J.R., Hastie, T., 2008. A working guide to boosted regression trees. *Journal of Animal Ecology* 77, 802-813.

EUROFINET (2012) European Glossary for Wildfires and Forest Fires. *EUROFINET/INTERREG IVC, European Union*, 136 pp.

Fao, 2018. State of Mediterranean Forests 2018. Food and Agriculture Organization of the United Nations and Plan Bleu, Marseille, 2018, 331 pp.

- Fao - Food And Agriculture Organization (2011).** Silva Mediterranea. State of Mediterranean Forests (SoMF) Concept Paper, Rome, FAO, p.24. On line, <http://www.fao.org/forestry/22556-0f888476830f6931aba4b886baea88af1>.
- Fao, 2009.** Situation des forêts du monde. Rome, Italy, 152 p. <http://www.fao.org/docrep/011/i0350f/i0350f00.htm>
- Fao, 2007.** Fire management – global assessment 2006. FAO forestry paper, 151, Rome, Italy, 156 p. <http://www.fao.org/docrep/009/a0969e/a0969e00.htm>
- Fao /EFIMED, 2011.** Position Paper on Wildfire Prevention in the Mediterranean. A key issue to reduce the increasing risks of Mediterranean wildfires in the context of Climate Changes. 16 pp.
- Fosa (2000).** L'étude prospective du secteur forestier en Afrique. Algérie. FAO, Rome, 60 p. on line, <http://www.fao.org/3/a-x6771f.pdf>.
- Fao, 2015a.** Rapport de la Conférence de la FAO, trente-neuvième session. Rome, 6-13 juin 2015 C 2015/REP, <http://www.fao.org/3/a-mo153f.pdf>
- Fao, 2015b.** Lessons Learned about Ways and Means to Conserve and Use Genetic Diversity to Build Resilience to Climate Change in Food and Agriculture Systems - Survey Report. CGRFA-15/15/Inf.16 <http://www.fao.org/3/a-mm501e.pdf>
- Ganteaume A., Camia A., Jappiot M., San-Miguel-Ayanz J., Long-Fournel M. & Lampin C., 2013.** A Review of the Main Driving Factors of Forest Fire Ignition over Europe. Environ. Manage.,51: 651–662.
- George Kazakis et Dany Ghosn, 2008.** Le problème des feux de forêt dans le bassin méditerranéen: analyses. La lettre de montre ciheam, No. 6, p. 1-3 (2008).
- González-Olabarria, J.R., Mola-Yudego, B., Coll, L., 2015.** Different Factors for Different Causes: Analysis of the Spatial Aggregations of Fire Ignitions in Catalonia (Spain). Risk Analysis, n/a-n/a.
- Gravius, G. (1866).** Les incendies de forêt en Algérie leurs causes vraies et leurs remèdes. Quelques considérations générales sur la Colonie, Constantine, chez Louis Marle libraire. En ligne, http://books.google.fr/books/about/Les_Incendies_de_Forêts_en_Algérie_Leu.html?id=71KkmgEACAAJ&redir_esc=y.
- Grim, S. (1989).** Préménagement et protection des forêts contre l'incendie. In : Le préménagement forestier. Ministère de l'Hydraulique d'Algérie & Unité des Eaux et Forêts de l'Université catholique de Louvain-la-Neuve, Belgique, vol. 1 : 271-289.
- Hantson, S., Pueyo, S., Chuvieco, E., 2015.** Global fire size distribution is driven by human impact and climate. Global Ecology and Biogeography 24, 77-86.

- Hoff, C., Rambal, S. (1999).** Les Ecosystèmes Forestiers Méditerranéens face aux Changements Climatiques. In Impacts potentiels du changement climatique. On line, <http://www.agora21.org/mies/chan-clim13.html>.
- Kazakis, G. et Ghosn, D. (2008).** Le problème des incendies de forêts en Méditerranée. La Lettre de veille du CIHEAM- N°6.
- Keeley, J., Bond, W., Bradstock, R., Pausas, J., Rundel, P., 2012.** Fire in Mediterranean Ecosystems. Ecology, Evolution and Management. Cambridge University Press 450 pp.
- Lourenço, L., Fernandes, S., Nunes, A., Bento-Gonçalves, A. et Vieira, A. (2013).** Determination of forest fire causes in Portugal (1996-2010). *Flama*, 4 (3) : 171-175. Available at: <https://sites.google.com/site/flammafgr/texto/volumen-4-2013/4-3-2013/4-3-9>.
- Madoui A., 2002.** Les incendies de forêt en Algérie: Historique, bilan et analyse. *For. méditerr.*, 23(1): 23-30.
- Marc, P. (1916).** Les incendies de forêt en Algérie. Notes sur les forêts de l'Algérie. Typographie Adolphe Jourdan Imprimeur libraire-Editeur, Alger, Algérie, pp. 331.
- Meddour-Sahar, O., 2014.** Les feux de forêts en Algérie : Analyse du risque, étude des causes, évaluation du dispositif de défense et des politiques de gestion. Thèse Univ. Tizi-Ouzou 195 pp.
- Meddour-Sahar, O., 2015.** Wildfires in Algeria: problems and challenges. *Iforest-Biogeosciences and Forestry* 8, 818-826.
- Meddour-Sahar, O., Meddour, R., Leone, V., Lovreglio, R., Derridj, A., 2013.** Analysis of forest fires causes and their motivations in northern Algeria: the Delphi method. *Iforest-Biogeosciences and Forestry* 6, 247-254.
- Moreira, F., Viedma, O., Arianoutsou, M., Curt, T., Koutsias, N., Rigolot, E., Barbat, A., Corona, P., Vaz, P., Xanthopoulos, G., 2011.** Landscape-wildfire interactions in southern Europe: implications for landscape management. *Journal of Environmental Management* 92, 2389-2402.
- Moisselin, J.M. (2003).** Les précipitations en France au XXème siècle. Programme International Géosphère Biosphère - Programme Mondial de Recherche sur le Climat (PIGB-PMRC), Lettre n°13, 3 p.
- Mol (T.) et Küçükosmanoglu (A.), 1997,** Forest fires in Turkey, In Proc. XI World Forestry Congress, Antalya, Turkey, 10 p.
- Nasa-Firms, 2015.** Fire Information for Resource Management System (FIRMS). Land, Atmosphere near Real-Time Capability for EOS (LANCE). 2013. Available online:

<https://earthdata.nasa.gov/data/near-real-time-data/firms> (accessed on 17 November 2015).

- Nunes, A., Lourenço, L., Fernandes, S. et Meira Castro, A. (2014).** Principais causas dos incendios florestais em Portugal : variação espacial no período 2001/12. *Territorium*, 21: 135-146. Available at: http://www.uc.pt/fluc/nicif/riscos/Documentacao/Territorium/T21_artg/T21_artg11.pdf.
- Ogaya, R., Barbeta, A., Başnou, C., Peñuelas, J., 2015.** Satellite data as indicators of tree biomass growth and forest dieback in a Mediterranean holm oak forest. *Annals of Forest Science* 72, 135-144.
- Onm - Office National De Météorologie (2013).** Bilan météorologique.
- Pausas, J., Fernandez-Munoz, S., 2012.** Fire regime changes in the Western Mediterranean Basin: from fuel-limited to drought-driven fire regime. *Climatic Change* 110, 215-226.
- Pearce, J., Ferrier, S., 2000.** Evaluating the predictive performance of habitat models developed using logistic regression. *Ecological Modelling* 133, 225-245.
- Ridgeway, G., 2013.** Generalized Boosted Models: A guide to the gbm package. <http://cran.r-project.org/>, 34 pp.
- Rivett, Ramade (1997),** Bushfires – Living with Australia’s Natural Heritage, Country Fire Authority, en association avec la Geography Teachers’ Association of Victoria Inc. Burwood East, Victoria
- Rodrigues, M., de la Riva, J., 2014.** An insight into machine-learning algorithms to model human-caused wildfire occurrence. *Environmental Modelling & Software* 57, 192-201.
- Ruffault, J., Curt, T., Martin St-Paul, N.K., Moron, V., Trigo, R.M., 2017.** Extreme Wildfire occurrence in response to Global Change type Droughts in the Northern Mediterranean. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci. Discuss.* 2017, 1-21.
- Sahnoune, F., Belhamel, M., Zelmat, M., Kerbachi, R., 2013.** Climate Change in Algeria: Vulnerability and Strategy of Mitigation and Adaptation. *Energy Procedia* 36, 1286-1294.
- San-Miguel-Ayanz J., Barboza P. & Liberta G., 2001.** Forest fires in Europe, 2001 fire compain. 27 p.
- Silva J.S. & Catry F., 2006.** Forest fires in cork oak (*Quercus suber* L.) stands in Portugal. *Int. J. Environ. Studies*, 63: 235 – 257.
- Turco, M., Bedia, J., Di Liberto, F., Fiorucci, P., von Hardenberg, J., Koutsias, N., Llasat, M.-C., Xystrakis, F., Provenzale, A., 2016.** Decreasing Fires in Mediterranean Europe. *PLoS ONE* 11, e0150663.
- Thibault, R. (1866).** Des incendies de forêt en Algérie: De leurs causes et des moyens préventifs et

défensifs à leur opposer, Constantine, Librairie Guende, Place du Palais; Paris, Librairie Gualatte 41, rue de Mazarine, 80 p.

Turco, M., Rosa-Cánovas, J.J., Bedia, J., Jerez, S., Montávez, J.P., Llasat, M.C., Provenzale, A., 2018. Exacerbated fires in Mediterranean Europe due to anthropogenic warming projected with non-stationary climate-fire models. *Nature Communications* 9, 3821.

Titah, A. (2008). L'Algérie face au défi des incendies de forêts. *La Lettre de veille du CIHEAM*, n°6.

Vélez, R. (1999). The red books of prevention and coordination: a general analysis of forest fire management policies in Spain. In: *Proceedings of the symposium on "Fire Economics, Planning, and Policy: Bottom Lines"* (González-Cabán A, Omi PN eds). San Diego (CA - USA) 5-9 April 1999. Gen. Tech. Rep PSW-GTR-173, Pacific Southwest Research Station, USDA Forest Service, Albany, CA, USA, pp. 171-177. On line, http://www.fs.fed.us/psw/publications/documents/psw_gtr173/psw_gtr173.pdf.

Viedma, O., Urbieto, I.R., Moreno, J.M., 2018. Wildfires and the role of their drivers are changing over time in a large rural area of west-central Spain. *Scientific Reports* 8, 17797.

WWF, 2001. An analysis of key issues that underlie forest fires and shape subsequent fire management strategies in 12 countries in the Mediterranean basin. WWF Report FIREFIGHT Mediterranean Region, project 9Z0731.01, 66 pp.

WWF, 2018. Mediterranean Conifer and Mixed Forest ecoregion. Northern Africa: Algeria and Morocco and Tunisia. World Wildlife Fund Report <https://www.worldwildlife.org/ecoregions/pa0513>.

ANNEXES

Annexe 01: Superficie forestière, forêt brûlée et proportion de forêt brûlée par région, 2003-2012.

Année	Afrique		
	Superficies forestière (x1000 ha)	Forêt brûlée (x1000 ha)	% de forêt brûlée
2003	660827	18658	3
2004	657723	16321	2
2005	654679	15449	2
2006	651515	18383	3
2007	648411	21205	3
2008	645307	17186	3
2009	642203	14503	2
2010	638282	18986	3
2011	635995	14929	2
2012	632891	14290	2

Année	Asie		
	Superficies forestière (x1000 ha)	Forêt brûlée (x1000 ha)	% de forêt brûlée
2003	574207	1093	0.2
2004	576025	1342	0.2
2005	580868	2813	0.5
2006	579660	1279	0.2
2007	581478	2216	0.4
2008	583296	2270	0.4
2009	585114	1078	0.2
2010	589406	1377	0.2
2011	588749	502	0.1
2012	590567	612	0.1

Année	Europe		
	Superficies forestière (x1000 ha)	Forêt brûlée (x1000 ha)	% de forêt brûlée
2003	1004469	3039	0.6
2004	1005448	1251	0.1
2005	1004147	1727	0.2
2006	1007407	4207	0.4
2007	1008386	2080	0.2
2008	1009365	2595	0.3
2009	1010345	3975	0.4
2010	1013572	2614	0.3
2011	1012303	1710	0.2
2012	1013283	2659	0.3

Année	Amérique du Nord et centrale		
	Superficies forestière (x1000 ha)	Forêt brûlée (x1000 ha)	% de forêt brûlée
2003	748586	3660	0.5
2004	748758	6365	0.9
2005	747953	5450	0.7
2006	749102	6038	0.8
2007	749274	5013	0.7
2008	749446	3415	0.5
2009	749618	2970	0.4
2010	750278	3892	0.5
2011	749963	4324	0.6
2012	750135	3833	0.5

Année	Océanie		
	Superficies forestière (x1000 ha)	Forêt brûlée (x1000 ha)	% de Forêt brûlée
2003	186428	4177	2
2004	186091	8270	4
2005	176485	3436	2
2006	185418	8472	5
2007	185081	6663	4
2008	184745	5826	3
2009	184408	10236	6
2010	172002	2557	1
2011	183735	8494	5
2012	183398	7679	4

Année	Amérique du Sud		
	Superficies forestière (x1000 ha)	Forêt brûlée (x1000 ha)	% de forêt brûlée
2003	878054	38190	4
2004	874796	42120	5
2005	868611	49785	6
2006	868280	25794	3
2007	865022	47758	6
2008	861764	25484	3
2009	858506	20921	2
2010	852133	35815	4
2011	851990	27243	3
2012	848732	35848	4

Annexe 02 : Superficies incendiées et le nombre des feux de forêts en Algérie pour une période de 139 ans (1876-2014).

Année	Nbres de feux	Sup. incendiée /ha	Année	Nbres de feux	Sup. incendiée/ha
1876	120	55.172	1896	179	14.091
1877	134	40.538	1897	396	79.203
1878	164	8.156	1898	150	12.384
1879	218	17.663	1899	272	16.099
1880	137	20.881	1900	162	2.937
1881	244	169.056	1901	135	9.687
1882	130	4.018	1902	475	141.141
1883	148	2.464	1903	388	94.398
1884	147	3.232	1904	244	2.759
1885	285	51.569	1905	255	7.676
1886	288	14.043	1906	219	9.126
1887	396	53.714	1907	211	4.457
1888	311	14.788	1908	344	6.540
1889	308	17.807	1909	278	9.751
1890	202	23.165	1910	482	24.294
1891	393	45.924	1911	322	16.309
1892	409	135.574	1912	338	26.505
1893	398	47.757	1913	696	138.191
1894	308	100.896	1914	362	43.305
1895	250	32.907	1915	237	19.350

Annexe 02 : Superficies incendiées et le nombre des feux de forêts en Algérie pour une période de 139 ans (1876-2014). (Suite)

Année	Nbres de feux	Sup. incendiée /ha	Année	Nbres de feux	Sup. incendiée/ha
1916	*	78.863	1948	*	7.617
1917	*	95.453	1949	*	23.369
1918	*	33.720	1950	*	*
1919	*	116.484	1951	*	49.015
1920	*	83.986	1952	*	7.659
1921	*	11.200	1953	*	7.053
1922	*	89.473	1954	*	9.809
1923	*	5.997	1955	*	25.573
1924	*	62.360	1956	*	204.220
1925	*	9.146	1957	*	105.604
1926	*	81.985	1958	*	125.822
1927	*	10.504	1959	*	55.038
1928	*	13.339	1960	*	60.174
1929	*	1.583	1961	*	59.471
1930	*	10.675	1962	*	*
1931	*	61.067	1963	*	3924
1932	*	9.734	1964	*	9385
1933	*	17.640	1965	*	52.732
1934	*	2.517	1966	*	2.503
1935	*	28.691	1967	*	49.561
1936	*	22.372	1968	*	14.594
1937	*	61.877	1969	*	13.314
1938	*	9.571	1970	*	30.438
1939	*	21.777	1971	*	57.835
1940	*	39.850	1972	*	4.097
1941	*	7.416	1973	*	34.530
1942	*	31.740	1974	*	11.002
1943	*	81.678	1975	*	37.331
1944	*	34.548	1976	*	19.943
1945	*	57.708	1977	*	50.152
1946	*	15.513	1978	*	41.152
1947	*	20.530			

Annexe 02 : Superficies incendiées et le nombre des feux de forêts en Algérie pour une période de 139 ans (1876-2014). (Suite)

Année	Nbres de feux	Sup. incendiée /ha	Année	Nbres de feux	Sup. incendiée/ha
1979	361	15.662	1997	1.809	17.831
1980	730	26.944	1998	1.826	28.630
1981	1.584	33.516	1999	2.018	38.390
1982	638	9.381	2000	1.910	55.782
1983	990	221.367	2001	1.327	14.378
1984	562	4.731	2002	1.008	12.217
1985	747	4.668	2003	1.233	11.998
1986	1.170	21.537	2004	1.468	31.999
1987	1.321	23.300	2005	2.013	28.380
1988	1.146	27.757	2006	2.029	16.916
1989	595	3.236	2007	2.026	47.939
1990	311	28.046	2008	2.378	26.015
1991	1.189	13.176	2009	2.358	26.183
1992	2.014	25.621	2010	3.439	30.632
1993	2.322	58.681	2011	2.631	19.926
1994	2.392	271.598	2012	5.000	77.000
1995	1.274	32.157	2013	2.342	13.102
1996	737	7.302	2014	4.600	38.000

Annexe 03 : Répartition des massifs forestier dans la wilaya de Bejaia
 (BNEDER.2008)

TYPE D'OCCUPATION	FORÊT	ZONE	SUPERFICIE (Ha)
Agricole		Vallée de la Soummam	291
Agricole		Monts de Seddouk	425
Agricole		Monts de Seddouk	144
Agricole		Monts de Seddouk	93
Agricole		Monts de Seddouk	122
Agricole		Massifs côtiers Est-Bejaia	376
Agricole		Massifs côtiers Est-Bejaia	346
Agricole		Massifs côtiers Est-Bejaia	186
Agricole		Massifs côtiers Ouest-Bejaia	39
Agricole		Massifs côtiers Ouest-Bejaia	137
Agricole		Massifs côtiers Ouest-Bejaia	186
Agricole		Massifs côtiers Ouest-Bejaia	60
Agricole		Massifs côtiers Ouest-Bejaia	519
Agricole		Massifs côtiers Ouest-Bejaia	99
Agricole		Massifs côtiers Ouest-Bejaia	233
Agricole		Massifs côtiers Ouest-Bejaia	60
Agricole		Massifs côtiers Est-Bejaia	348
Agricole		Versant Ouest de la Soummam	52
Agricole		Vallée de la Soummam	175
Agricole		Versant Ouest de la Soummam	64
Agricole		Massifs côtiers Ouest-Bejaia	188
Agricole		Massifs côtiers Ouest-Bejaia	76
Agricole		Massifs côtiers Ouest-Bejaia	100
Agricole		Massifs côtiers Ouest-Bejaia	217
Agricole		Versant Ouest de la Soummam	86
Agricole		Versant Ouest de la Soummam	276
Agricole	F.D. BENI MIMOUN	Massifs côtiers Est-Bejaia	202
Agricole	F.D. BENI MIMOUN	Massifs côtiers Est-Bejaia	99
Agricole	F.D. BENI MIMOUN	Massifs côtiers Est-Bejaia	10
Agricole	F.D. CHABET EL AKRA	Massifs côtiers Est-Bejaia	8
Agricole	F.D. BENI MELLOUL	Massifs côtiers Est-Bejaia	39
Agricole		Monts de Seddouk	223
Agricole		Massifs côtiers Ouest-Bejaia	19
Agricole	F.D. BENI IMMEL	Monts de Seddouk	13
Agricole		Monts de Seddouk	96
Agricole		Versant Ouest de la Soummam	58
Agricole		Vallée de la Soummam	40
Agricole		Monts de Seddouk	3
Agricole		Massifs côtiers Ouest-Bejaia	42
Agricole		Massifs côtiers Est-Bejaia	223
Agricole		Massifs côtiers Est-Bejaia	1120
Agricole		Massifs côtiers Est-Bejaia	302

Agricole		Massifs côtiers Est-Bejaia	1776
Agricole		Monts de Seddouk	115
Agricole		Massifs côtiers Ouest-Bejaia	127
Agricole		Monts de Seddouk	241
Agricole		Monts de Seddouk	280
Agricole		Monts de Seddouk	90
Agricole		Massifs côtiers Ouest-Bejaia	320
Agricole		Monts d'Ighil Ali	355
Agricole		Massifs côtiers Ouest-Bejaia	103
Agricole		Massifs côtiers Ouest-Bejaia	241
Agricole		Massifs côtiers Ouest-Bejaia	163
Agricole	F.D. BENI SLIMANE	Massifs côtiers Est-Bejaia	63
Agricole	F.D. BENI SLIMANE	Massifs côtiers Est-Bejaia	27
Agricole	F.D. DARGUINA	Massifs côtiers Est-Bejaia	12
Agricole		Versant Ouest de la Soummam	0
Agricole		Monts de Seddouk	489
Agricole		Monts d'Ighil Ali	210
Agricole		Massifs côtiers Ouest-Bejaia	77
Agricole		Vallée de la Soummam	381
Agricole		Versant Ouest de la Soummam	299
Agricole		Massifs côtiers Est-Bejaia	375
Agricole	F.D. BENI SLIMANE	Massifs côtiers Est-Bejaia	318
Agricole	F.D. DARGUINA	Massifs côtiers Est-Bejaia	12
Agricole		Monts de Seddouk	581
Agricole		Monts d'Ighil Ali	441
Agricole		Massifs côtiers Ouest-Bejaia	229
Agricole		Vallée de la Soummam	420
Agricole	F.D. D'AIT OUARETS OUALI	Massifs côtiers Est-Bejaia	40
Agricole	F.D. BENI MELLOUL	Massifs côtiers Est-Bejaia	96
Agricole		Massifs côtiers Ouest-Bejaia	78
Agricole	F.D. CHABET EL AKRA	Massifs côtiers Est-Bejaia	36
Agricole		Vallée de la Soummam	92
Agricole		Vallée de la Soummam	862
Agricole		Massifs côtiers Est-Bejaia	10275
Agricole		Massifs côtiers Est-Bejaia	416
Agricole		Vallée de la Soummam	938
Agricole		Versant Ouest de la Soummam	147
Agricole		Monts de Seddouk	536
Agricole		Massifs côtiers Ouest-Bejaia	55
Agricole		Monts de Seddouk	481
Agricole	F.D. BENI MELLOUL	Massifs côtiers Est-Bejaia	10
Agricole		Massifs côtiers Est-Bejaia	299
Agricole	F.D. BENI MELLOUL	Massifs côtiers Est-Bejaia	62
Agricole		Versant Ouest de la Soummam	22
Agricole		Massifs côtiers Est-Bejaia	417
Agricole		Massifs côtiers Ouest-Bejaia	633
Agricole		Vallée de la Soummam	32

Agricole		Massifs côtiers Est-Bejaia	334
Agricole		Monts de Seddouk	1491
Agricole		Massifs côtiers Ouest-Bejaia	232
Agricole		Vallée de la Soummam	104
Agricole		Massifs côtiers Est-Bejaia	128
Agricole		Massifs côtiers Est-Bejaia	946
Agricole		Vallée de la Soummam	669
Agricole		Vallée de la Soummam	675
Agricole		Monts de Seddouk	1663
Agricole		Massifs côtiers Ouest-Bejaia	105
Agricole		Vallée de la Soummam	1263
Agricole		Monts d'Ighil Ali	2341
Agricole	F.D. BENI MELLOUL	Massifs côtiers Est-Bejaia	7
Agricole	F.D. DARGUINA	Massifs côtiers Est-Bejaia	127
Agricole		Vallée de la Soummam	144
Agricole		Massifs côtiers Est-Bejaia	138
Agricole		Monts de Seddouk	76
Agricole		Massifs côtiers Ouest-Bejaia	631
Agricole		Massifs côtiers Est-Bejaia	4086
Agricole		Monts de Seddouk	5524
Agricole		Massifs côtiers Est-Bejaia	3847
Agricole		Vallée de la Soummam	2893
Agricole		Monts d'Ighil Ali	3093
Agricole		Versant Ouest de la Soummam	351
Agricole		Massifs côtiers Est-Bejaia	6861
Agricole		Monts de Seddouk	7241
Agricole		Massifs côtiers Ouest-Bejaia	947
Agricole		Massifs côtiers Est-Bejaia	895
Agricole		Massifs côtiers Est-Bejaia	13182
Agricole		Vallée de la Soummam	5903
Agricole		Monts de Seddouk	5352
Agricole		Massifs côtiers Est-Bejaia	10
Arboriculture		Versant Ouest de la Soummam	372
Arboriculture		Massifs côtiers Ouest-Bejaia	118
Arboriculture		Versant Ouest de la Soummam	134
Arboriculture		Versant Ouest de la Soummam	604
Forêt	F.D. BENI MIMOUN	Massifs côtiers Est-Bejaia	1652
Forêt	T2. DARGUINA	Massifs côtiers Est-Bejaia	166
Forêt	F.D. AKFADOU	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	82
Forêt	F.D. BOUHATEM	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	179
Forêt	F.D. TAOURIRT IGHIL	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	161
Forêt	F.D. AKFADOU	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	123
Forêt	F.D. AKFADOU	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	166
Forêt	F.D. BENI SLIMANE	Massifs côtiers Est-Bejaia	263
Forêt	T2. AMIZOUR-BARBACHA	Massifs côtiers Est-Bejaia	399
Forêt	F.D. BENI MELLOUL	Massifs côtiers Est-Bejaia	125
Forêt	F.D. BENI IMMEL	Monts de Seddouk	34

Forêt	T2. SEDDOUK	Monts de Seddouk	136
Forêt	F.D. METCHIK	Monts d'Ighil Ali	698
Forêt	T2. BOUDJELLIL-IGHIL ALI	Monts d'Ighil Ali	97
Forêt	T2. DRAA EL KAID	Massifs côtiers Est-Bejaia	41
Forêt	T2. TOUDJA-OUED GHIR-BEJAIA	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	190
Forêt	T2. SEDDOUK	Monts de Seddouk	142
Forêt	T2. SEDDOUK	Monts de Seddouk	72
Forêt	F.D. BOUHATEM	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	179
Forêt	F.D. BOUHATEM	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	141
Forêt	T2. BENI KSILA	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	62
Forêt	T2. BOUDJELLIL-IGHIL ALI	Monts d'Ighil Ali	500
Forêt	T2. BOUDJELLIL	Monts d'Ighil Ali	47
Forêt	T2. BOUDJELLIL	Monts d'Ighil Ali	26
Forêt	T2. IGHIL ALI	Monts d'Ighil Ali	106
Forêt	T2. BOUHAMZA-BENI MAOUCHE	Monts de Seddouk	46
Forêt	F.D. CHABET EL AKRA	Massifs côtiers Est-Bejaia	325
Forêt	T2. KHERRATA	Massifs côtiers Est-Bejaia	69
Forêt	F.D. BENI HASSEIN	Massifs côtiers Est-Bejaia	129
Forêt	F.D. OUED AGHRIOUN	Massifs côtiers Est-Bejaia	368
Forêt	T2. KHERRATA	Massifs côtiers Est-Bejaia	53
Forêt	T2. BENI MAOUCHE	Monts de Seddouk	180
Forêt	T2. BENI MAOUCHE	Monts de Seddouk	116
Forêt	T2. TAMOKRA	Monts d'Ighil Ali	57
Forêt	T2. TAMOKRA	Monts d'Ighil Ali	67
Forêt	T2. TAMOKRA	Monts d'Ighil Ali	44
Forêt	T2. AIT R-ZINE	Monts d'Ighil Ali	47
Forêt	T2. AIT R-ZINE	Monts d'Ighil Ali	61
Forêt	T2. AIT R-ZINE	Monts d'Ighil Ali	123
Forêt	T2. ADEKAR-TAOURIRT IGHIL	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	118
Forêt	T2. ADEKAR	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	40
Forêt	T2. SEDDOUK	Monts de Seddouk	58
Forêt	T2. TIMZRIT	Monts de Seddouk	152
Forêt	F.D. AKFADOU	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	56
Forêt	F.D. AKFADOU	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	32
Forêt	F.D. TAOURIRT IGHIL	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	27
Forêt	T2. MELBOU-TAMRIDJET-DARGUINA	Massifs côtiers Est-Bejaia	81
Forêt	F.D. BENI ABBES	Monts d'Ighil Ali	172
Forêt	T2. BENI KSILA	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	214
Forêt	F.D. BOUHATEM	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	99
Forêt	F.D. DARGUINA	Massifs côtiers Est-Bejaia	97
Forêt	T2. TOUDJA-BENI KSILA	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	169
Forêt	T2. BOUDJELLIL	Monts d'Ighil Ali	37
Forêt	F.D. BENI HASSEIN	Massifs côtiers Est-Bejaia	86
Forêt	T2. MELBOU-TAMRIDJET-DARGUINA	Massifs côtiers Est-Bejaia	61
Forêt	F.D. BENI ABBES	Monts d'Ighil Ali	571
Forêt	F.D. OUED AGHRIOUN	Massifs côtiers Est-Bejaia	122
Forêt	T2. KHERRATA	Massifs côtiers Est-Bejaia	96

Forêt	F.D. AKFADOU	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	368
Forêt	F.D. TAOURIRT IGHIL	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	470
Forêt	F.D. BENI SLIMANE	Massifs côtiers Est-Bejaia	321
Forêt	F.D. BENI MIMOUN	Massifs côtiers Est-Bejaia	641
Forêt	F.D. BENI MELLOUL	Massifs côtiers Est-Bejaia	198
Forêt	F.D. TAOURIRT IGHIL	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	392
Forêt	T2. SIDI SAID-SEDDOUK	Monts de Seddouk	78
Forêt	T2. BOUDJELLIL	Monts d'Ighil Ali	609
Forêt	F.D. BENI ABBES	Monts d'Ighil Ali	195
Forêt	T2. TOUDJA-BENI KSILA	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	186
Forêt	T2. SEDDOUK	Monts de Seddouk	73
Forêt	T2. BENI KSILA	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	685
Forêt	T2. BOUDJELLIL	Monts d'Ighil Ali	45
Forêt	T2. BOUHAMZA	Monts de Seddouk	414
Forêt	F.D. OUED AGHRIOUN	Massifs côtiers Est-Bejaia	67
Forêt	F.D. OUED AGHRIOUN	Massifs côtiers Est-Bejaia	205
Forêt	F.D. OUED AGHRIOUN	Massifs côtiers Est-Bejaia	133
Forêt	T2. TAMOKRA	Monts d'Ighil Ali	21
Forêt	T2. TAMOKRA	Monts d'Ighil Ali	58
Forêt	T2. TAMOKRA-AIT RZINE-IGHIL ALI	Monts d'Ighil Ali	1009
Forêt	T2. SEDDOUK	Monts de Seddouk	106
Forêt	T2. AMALOU	Monts de Seddouk	124
Forêt	T2. OUZELLAGUEN-CHELATA	Versant Ouest de la Soummam	137
Forêt	F.D. GOURAYA	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	158
Forêt	F.D. TAOURIRT IGHIL	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	35
Forêt	F.D. BENI MIMOUN	Massifs côtiers Est-Bejaia	63
Forêt	F.D. MOUQUA	Monts d'Ighil Ali	230
Forêt	F.D. TAOURIRT IGHIL	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	121
Forêt	F.D. BOUHATEM	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	467
Forêt	F.D. BOUHATEM	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	13
Forêt	F.D. DARGUINA	Massifs côtiers Est-Bejaia	47
Forêt	F.D. DARGUINA	Massifs côtiers Est-Bejaia	72
Forêt	T2. DRAA EL KAID	Massifs côtiers Est-Bejaia	91
Forêt	F.D. BENI SLIMANE	Massifs côtiers Est-Bejaia	105
Forêt	F.D. BENI IMMEL	Monts de Seddouk	248
Forêt	F.D. BENI MELLOUL	Massifs côtiers Est-Bejaia	258
Forêt	F.D. OUED AGHRIOUN	Massifs côtiers Est-Bejaia	125
Forêt	F.D. CHABET EL AKRA	Massifs côtiers Est-Bejaia	40
Forêt	F.D. D'AIT OUARETS OUALI	Massifs côtiers Est-Bejaia	32
Forêt	F.D. AKFADOU	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	40
Forêt	F.D. OUED AGHRIOUN	Massifs côtiers Est-Bejaia	783
Forêt	T2. AIT SMAIL-TASKRIOUT	Massifs côtiers Est-Bejaia	377
Forêt	F.D. TAOURIRT IGHIL	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	192
Forêt	F.D. BOUHATEM	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	479
Forêt	F.D. TAGUEMOUNT	Monts d'Ighil Ali	386
Forêt	F.D. DARGUINA	Massifs côtiers Est-Bejaia	488
Forêt	T2. MELBOU-TAMRIDJET-DARGUINA	Massifs côtiers Est-Bejaia	60

Forêt	T2. MELBOU-TAMRIDJET-DARGUINA	Massifs côtiers Est-Bejaia	168
Forêt	T2. TIZI N'BERBER	Massifs côtiers Est-Bejaia	149
Forêt	F.D. TAOURIRT IGHIL	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	348
Forêt	F.D. AKFADOU	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	305
Forêt	T2. AMIZOUR	Massifs côtiers Est-Bejaia	282
Forêt	F.D. BENI MIMOUN	Massifs côtiers Est-Bejaia	656
Forêt	T2. BOUDJELLIL-IGHIL ALI	Monts d'Ighil Ali	58
Forêt	T2. TOUDJA-BENI KSILA	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	182
Forêt	T2. BENI MAOUCHE	Monts de Seddouk	62
Forêt	T2. TAMOKRA	Monts d'Ighil Ali	215
Forêt	T2. BENI KSILA	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	526
Forêt	T2. BENI KSILA	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	100
Forêt	T2. ADEKAR-TAOURIRT IGHIL	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	123
Forêt	T2. SEDDOUK	Monts de Seddouk	80
Forêt	F.D. TAOURIRT IGHIL	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	385
Forêt	F.D. BENI MIMOUN	Massifs côtiers Est-Bejaia	76
Forêt	T2. MELBOU-TAMRIDJET-DARGUINA	Massifs côtiers Est-Bejaia	257
Forêt	T2. TOUDJA-BENI KSILA	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	180
Forêt	F.D. BOUHATEM	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	30
Forêt	F.D. BOUHATEM	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	898
Forêt	F.D. BOUHATEM	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	22
Forêt	F.D. BENI SLIMANE	Massifs côtiers Est-Bejaia	34
Forêt	F.D. AKFADOU	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	162
Forêt	T2. KHERRATA	Massifs côtiers Est-Bejaia	24
Forêt	T2. BOUDJELLIL-IGHIL ALI	Monts d'Ighil Ali	264
Forêt	F.D. METCHIK	Monts d'Ighil Ali	44
Forêt	F.D. OUED AGHRIOUN	Massifs côtiers Est-Bejaia	165
Forêt	T2. EL KSEUR-OUED GHIR	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	115
Forêt	T2. BOUDJELLIL-IGHIL ALI	Monts d'Ighil Ali	284
Forêt	F.D. BENI SEGOUEL	Massifs côtiers Est-Bejaia	449
Forêt	F.D. BENI IMMEL	Monts de Seddouk	233
Forêt	T2. BOUDJELLIL-IGHIL ALI	Monts d'Ighil Ali	195
Forêt	T2. MELBOU-TAMRIDJET-DARGUINA	Massifs côtiers Est-Bejaia	15
Forêt	F.D. TAOURIRT IGHIL	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	458
Forêt	T2. BOUDJELLIL-IGHIL ALI	Monts d'Ighil Ali	1250
Forêt	F.D. BOUHATEM	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	599
Forêt	F.D. OUED AGHRIOUN	Massifs côtiers Est-Bejaia	148
Forêt	F.D. BENI SEGOUEL	Massifs côtiers Est-Bejaia	483
Forêt	F.D. MOUQUA	Monts d'Ighil Ali	169
Forêt	T2. DARGUINA	Massifs côtiers Est-Bejaia	130
Forêt	F.D. AKFADOU	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	306
Forêt	T2. BOUDJELLIL-IGHIL ALI	Monts d'Ighil Ali	137
Forêt	T2. TOUDJA-EL KSEUR-TAOURIRT IGHIL	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	1165
Forêt	F.D. TAOURIRT IGHIL	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	464
Forêt	T2. BOUDJELLIL-IGHIL ALI	Monts d'Ighil Ali	96
Forêt	T2. TIZI N'BERBER	Massifs côtiers Est-Bejaia	97
Forêt	T2. AMIZOUR-BOUKHELIFA-TICHI-AOKAS	Massifs côtiers Est-Bejaia	816

Forêt	F.D. OUED AGHRIOUN	Massifs côtiers Est-Bejaia	114
Forêt	T2. TOUDJA-EL KSEUR-TAOURIRT IGHIL	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	155
Forêt	T2. TAMOKRA	Monts d'Ighil Ali	367
Forêt	T2. TOUDJA-BENI KSILA	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	383
Forêt	F.D. BOUHATEM	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	618
Forêt	T2. AMALOU	Monts de Seddouk	116
Forêt	T2. TOUDJA-BENI KSILA	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	594
Forêt	T2. TOUDJA-BENI KSILA	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	416
Forêt	T2. IGHIL ALI	Monts d'Ighil Ali	306
Forêt	F.D. BENI MELLOUL	Massifs côtiers Est-Bejaia	194
Forêt	F.D. M'ZALA	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	726
Forêt	F.D. BENI ABBES	Monts d'Ighil Ali	506
Forêt	F.D. OUED AGHRIOUN	Massifs côtiers Est-Bejaia	338
Forêt	F.D. BOUHATEM	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	1182
Forêt	F.D. TAOURIRT IGHIL	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	221
Forêt	T2. TOUDJA-EL KSEUR-TAOURIRT IGHIL	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	199
Forêt	F.D. AKFADOU	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	211
Forêt	F.D. BENI MELLOUL	Massifs côtiers Est-Bejaia	389
Forêt	F.D. BOUHATEM	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	148
Forêt	T2. BENI KSILA	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	455
Forêt	T2. SEDDOUK	Monts de Seddouk	85
Forêt	F.D. TAOURIRT IGHIL	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	437
Forêt	F.D. AKFADOU	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	214
Forêt	T2. MELBOU-TAMRIDJET-DARGUINA	Massifs côtiers Est-Bejaia	686
Forêt	F.D. MZALA	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	752
Forêt	T2. TOUDJA-BENI KSILA	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	1190
Forêt	T2. OUZELLAGUEN-CHELATA	Versant Ouest de la Soummam	768
Forêt	T2. TOUDJA-EL KSEUR-TAOURIRT IGHIL	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	324
Forêt	F.D. METCHIK	Monts d'Ighil Ali	513
Forêt	T2. BOUDJELLIL-IGHIL ALI	Monts d'Ighil Ali	626
Forêt	T2. TOUDJA-BENI KSILA	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	337
Forêt	F.D. BENI ABBES	Monts d'Ighil Ali	2751
Forêt	F.D. AKFADOU	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	1138
Forêt	F.D. BOUHATEM	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	598
Forêt	T2. TOUDJA-BENI KSILA	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	1160
Forêt	F.D. MZALA	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	771
Forêt	T2. BOUDJELLIL-IGHIL ALI	Monts d'Ighil Ali	450
Forêt	T2. OUZELLAGUEN-CHELATA	Versant Ouest de la Soummam	154
Forêt	F.D. AKFADOU	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	2131
Forêt	T2. BEJAIA-TOUDJA	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	493
Forêt	T2. TOUDJA-BENI KSILA	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	513
Forêt	T2. DARGUINA	Massifs côtiers Est-Bejaia	381
Forêt	F.D. OUED AGHRIOUN	Massifs côtiers Est-Bejaia	222
Forêt	T2. SEDDOUK	Monts de Seddouk	203
Forêt	F.D. TAOURIRT IGHIL	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	554
Forêt	T2. TOUDJA-OUED GHIR-BEJAIA	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	397
Forêt	T2. EL KSEUR-OUED GHIR	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	40

Maquis	F.D. BENI MIMOUN	Massifs côtiers Est-Bejaia	157
Maquis	T2. AMIZOUR-BOUKHELIFA-TICHI-AOKAS	Massifs côtiers Est-Bejaia	577
Maquis	T2. KHERRATA	Massifs côtiers Est-Bejaia	62
Maquis	T2. DRAA EL KAID	Massifs côtiers Est-Bejaia	167
Maquis	T2. BENI KSILA	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	98
Maquis	F.D. BENI SLIMANE	Massifs côtiers Est-Bejaia	348
Maquis	T2. BOUKHELIFA	Massifs côtiers Est-Bejaia	40
Maquis	T2. KHERRATA	Massifs côtiers Est-Bejaia	262
Maquis	T2. KHERRATA	Massifs côtiers Est-Bejaia	241
Maquis	T2. TIMZIRT-SEMAOUNE-BENI DJELLIL-SIDI SAID	Monts de Seddouk	454
Maquis	F.D. GOURAYA	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	43
Maquis	F.D. DOUAR BENI AMROUS	Massifs côtiers Est-Bejaia	92
Maquis	T2. MELBOU-TAMRIDJET-DARGUINA	Massifs côtiers Est-Bejaia	103
Maquis	F.D. OUED AGHRIOUN	Massifs côtiers Est-Bejaia	38
Maquis	F.D. OUED AGHRIOUN	Massifs côtiers Est-Bejaia	9
Maquis	F.D. BOUHATEM	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	378
Maquis	F.D. DARGUINA	Massifs côtiers Est-Bejaia	29
Maquis	T2. IGHRAM	Versant Ouest de la Soummam	314
Maquis	F.D. BENI MELLOUL	Massifs côtiers Est-Bejaia	415
Maquis	T2. DRAA EL KAID	Massifs côtiers Est-Bejaia	35
Maquis	F.D. DOUAR AIT TEMSIIT	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	21
Maquis	T2. BEJAIA-TOUDJA	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	849
Maquis	T2. KHERRATA	Massifs côtiers Est-Bejaia	63
Maquis	F.D. DOUAR AIT TEMSIIT	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	36
Maquis	T2. SOUK EL THENINE-AOKAS-TASKRIOUT-DARGUINA-TIZI N'BERBER	Massifs côtiers Est-Bejaia	322
Maquis	T2. AMIZOUR-BOUKHELIFA-TICHI-AOKAS	Massifs côtiers Est-Bejaia	506
Maquis	T2. AMIZOUR-BOUKHELIFA-TICHI-AOKAS	Massifs côtiers Est-Bejaia	153
Maquis	F.D. BENI MIMOUN	Massifs côtiers Est-Bejaia	22
Maquis	F.D. BENI SEGOUEL	Massifs côtiers Est-Bejaia	598
Maquis	F.D. CHABET EL AKRA	Massifs côtiers Est-Bejaia	330
Maquis	F.D. DOUAR MADALA	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	122
Maquis	F.D. DOUAR MADALA	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	3
Maquis	T2. TIZI N'BERBER	Massifs côtiers Est-Bejaia	129
Maquis	F.D. BOUHATEM	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	8
Maquis	F.D. BOUHATEM	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	1
Maquis	F.D. DARGUINA	Massifs côtiers Est-Bejaia	163
Maquis	F.D. BENI SLIMANE	Massifs côtiers Est-Bejaia	133
Maquis	T2. AMALOU	Monts de Seddouk	217
Maquis	F.D. CHABET EL AKRA	Massifs côtiers Est-Bejaia	212
Maquis	T2. DRAA EL KAID	Massifs côtiers Est-Bejaia	341
Maquis	T2. KHERRATA	Massifs côtiers Est-Bejaia	47
Maquis	T2. KHERRATA	Massifs côtiers Est-Bejaia	137
Maquis	F.D. OUED AGHRIOUN	Massifs côtiers Est-Bejaia	37
Maquis	T2. KHERRATA	Massifs côtiers Est-Bejaia	58
Maquis	T2. DRAA EL KAID	Massifs côtiers Est-Bejaia	68
Maquis	T2. TIMZIRT-SEMAOUNE-BENI DJELLIL-SIDI SAID	Monts de Seddouk	1024
Maquis	T2. BEJAIA-TOUDJA	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	58

Maquis	T2. BEJAIA-TOUDJA	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	945
Maquis	F.D. GOURAYA	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	19
Maquis	T2. TOUDJA-EL KSEUR-TAOURIRT IGHIL	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	1116
Maquis	F.D. BENI MELLOUL	Massifs côtiers Est-Bejaia	381
Maquis	T2. KHERRATA	Massifs côtiers Est-Bejaia	106
Maquis	T2. BENI KSILA	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	974
Maquis	F.D. OUED AGHRIOUN	Massifs côtiers Est-Bejaia	98
Maquis	F.D. BENI MELLOUL	Massifs côtiers Est-Bejaia	6
Maquis	F.D. BOUHATEM	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	17
Maquis	T2. TOUDJA-EL KSEUR-TAOURIRT IGHIL	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	262
Maquis	T2. AMIZOUR-BOUKHELIFA-TICHI-AOKAS	Massifs côtiers Est-Bejaia	438
Maquis	F.D. BENI SLIMANE	Massifs côtiers Est-Bejaia	490
Maquis	F.D. CHABET EL AKRA	Massifs côtiers Est-Bejaia	130
Maquis	T2. DRAA EL KAID	Massifs côtiers Est-Bejaia	153
Maquis	T2. DRAA EL KAID	Massifs côtiers Est-Bejaia	77
Maquis	T2. DRAA EL KAID	Massifs côtiers Est-Bejaia	113
Maquis	F.D. CHABET EL AKRA	Massifs côtiers Est-Bejaia	300
Maquis	T2. BEJAIA	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	10
Maquis	F.D. GOURAYA	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	130
Maquis	T2. MELBOU	Massifs côtiers Est-Bejaia	21
Maquis	T2. BEJAIA-TOUDJA	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	522
Maquis	T2. BENI KSILA	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	445
Maquis	T2. TOUDJA-BENI KSILA	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	117
Maquis	T2. TOUDJA-EL KSEUR-TAOURIRT IGHIL	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	191
Maquis	T2. AMALOU	Monts de Seddouk	188
Maquis	T2. DARGUINA-TASKRIOUT	Massifs côtiers Est-Bejaia	1331
Maquis	T2. MELBOU-TAMRIDJET-DARGUINA	Massifs côtiers Est-Bejaia	44
Maquis	T2. MELBOU	Massifs côtiers Est-Bejaia	134
Maquis	T2. KHERRATA-TASKRIOUT	Massifs côtiers Est-Bejaia	590
Maquis	T2. CHELATA-IGHRAM	Versant Ouest de la Soummam	1361
Maquis	F.D. OUED AGHRIOUN	Massifs côtiers Est-Bejaia	209
Maquis	F.D. GOURAYA	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	31
Maquis	F.D. DOUAR MADALA	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	39
Maquis	T2. DRAA EL KAID	Massifs côtiers Est-Bejaia	64
Maquis	T2. TOUDJA-EL KSEUR-TAOURIRT IGHIL	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	198
Maquis	T2. BEJAIA-OUED GHIR	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	323
Maquis	F.D. BENI MIMOUN	Massifs côtiers Est-Bejaia	20
Maquis	F.D. OUED AGHRIOUN	Massifs côtiers Est-Bejaia	49
Maquis	T2. TOUDJA-OUED GHIR-BEJAIA	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	1452
Maquis	T2. BENI KSILA	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	957
Maquis	T2. MELBOU-TAMRIDJET-DARGUINA	Massifs côtiers Est-Bejaia	1316
Maquis	F.D. OUED AGHRIOUN	Massifs côtiers Est-Bejaia	233
Maquis	F.D. DOUAR MADALA	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	6
Maquis	T2. OUZELLAGUEN-CHELATA	Versant Ouest de la Soummam	280
Maquis	F.D. BOUHATEM	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	72
Maquis	T2. TIMZIRT-SEMAOUNE-BENI DJELLIL-SIDI SAID	Monts de Seddouk	1366
Maquis	F.D. OUED AGHRIOUN	Massifs côtiers Est-Bejaia	621

Maquis	F.D. BENI MIMOUN	Massifs côtiers Est-Bejaia	299
Maquis	T2. AMIZOUR-BOUKHELIFA-TICHI-AOKAS	Massifs côtiers Est-Bejaia	413
Maquis	T2. BENI KSILA	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	1418
Maquis	F.D. TAOURIRT IGHIL	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	353
Maquis	T2. MELBOU-TAMRIDJET-DARGUINA	Massifs côtiers Est-Bejaia	564
Maquis	T2. MELBOU-TAMRIDJET-DARGUINA	Massifs côtiers Est-Bejaia	1108
Maquis arboré	F.D. DARGUINA	Massifs côtiers Est-Bejaia	127
Maquis arboré	F.D. DARGUINA	Massifs côtiers Est-Bejaia	73
Maquis arboré	F.D. TAOURIRT IGHIL	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	351
Maquis arboré	F.D. TAOURIRT IGHIL	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	199
Maquis arboré	F.D. BENI MELLOUL	Massifs côtiers Est-Bejaia	455
Maquis arboré	F.D. BENI MELLOUL	Massifs côtiers Est-Bejaia	317
Maquis arboré	T2. TAMOKRA-AIT RZINE-IGHIL ALI	Monts d'Ighil Ali	170
Maquis arboré	T2. AMALOU	Monts de Seddouk	191
Maquis arboré	T2. AKBOU	Vallée de la Soummam	69
Maquis arboré	T2. LEFLAYE-SIDI SAID-SIDI AYAD-TIMZIRT	Monts de Seddouk	161
Maquis arboré	T2. CHELATA	Versant Ouest de la Soummam	72
Maquis arboré	T2. TOUDJA-BENI KSILA	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	93
Maquis arboré	T2. BENI KSILA	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	324
Maquis arboré	T2. BEJAIA-TOUDJA	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	267
Maquis arboré	F.D. DOUAR MADALA	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	450
Maquis arboré	F.D. BOUHATEM	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	9
Maquis arboré	F.D. BOUHATEM	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	7
Maquis arboré	F.D. DARGUINA	Massifs côtiers Est-Bejaia	69
Maquis arboré	T2. SOUK EL THENINE-AOKAS-TASKRIOUT-DARGUINA-TIZI N'BERBER	Massifs côtiers Est-Bejaia	58
Maquis arboré	F.D. GOURAYA	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	119
Maquis arboré	T2. AOKAS-TIZI N'BERBER	Massifs côtiers Est-Bejaia	109
Maquis arboré	T2. MELBOU-TAMRIDJET-DARGUINA	Massifs côtiers Est-Bejaia	204
Maquis arboré	F.D. TAOURIRT IGHIL	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	223
Maquis arboré	F.D. BENI MIMOUN	Massifs côtiers Est-Bejaia	298
Maquis arboré	F.D. BENI MIMOUN	Massifs côtiers Est-Bejaia	366
Maquis arboré	T2. BOUDJELLIL-IGHIL ALI	Monts d'Ighil Ali	1077
Maquis arboré	T2. ADEKAR	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	62
Maquis arboré	F.D. BENI ABBES	Monts d'Ighil Ali	142
Maquis arboré	F.D. BOUHATEM	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	970
Maquis arboré	F.D. DARGUINA	Massifs côtiers Est-Bejaia	103
Maquis arboré	F.D. DARGUINA	Massifs côtiers Est-Bejaia	99
Maquis arboré	T2. CHELATA-IGHRAM	Versant Ouest de la Soummam	132
Maquis arboré	F.D. BENI MELLOUL	Massifs côtiers Est-Bejaia	149
Maquis arboré	T2. BENI MELIKECH	Versant Ouest de la Soummam	17
Maquis arboré	T2. IGHGRAM	Versant Ouest de la Soummam	80
Maquis arboré	F.D. DOUAR AIT TEMSIIT	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	63
Maquis arboré	T2. AMIZOUR-BOUKHELIFA-TICHI-AOKAS	Massifs côtiers Est-Bejaia	228
Maquis arboré	T2. AOKAS-TIZI N'BERBER	Massifs côtiers Est-Bejaia	162
Maquis arboré	F.D. LAARACHE	Monts de Seddouk	99
Maquis arboré	T2. TOUDJA-EL KSEUR-TAOURIRT IGHIL	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	374
Maquis arboré	F.D. ILLOULAS	Versant Ouest de la Soummam	185

Maquis arboré	F.D. ILLOULAS	Versant Ouest de la Soummam	130
Maquis arboré	F.D. DARGUINA	Massifs côtiers Est-Bejaia	368
Maquis arboré	F.D. TAOURIRT IGHIL	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	160
Maquis arboré	T2. BOUDJELLIL-IGHIL ALI	Monts d'Ighil Ali	978
Maquis arboré	T2. BEJAIA-OUED GHIR	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	392
Maquis arboré	T2. OUZELLAGUEN-CHELATA	Versant Ouest de la Soummam	648
Maquis arboré	F.D. BOUHATEM	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	263
Maquis arboré	F.D. BENI ABBES	Monts d'Ighil Ali	81
Maquis arboré	F.D. ILLOULAS	Versant Ouest de la Soummam	230
Maquis arboré	T2. ADEKAR	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	210
Maquis arboré	F.D. GOURAYA	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	14
Maquis arboré	F.D. DOUAR MADALA	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	49
Maquis arboré	F.D. BENI MIMOUN	Massifs côtiers Est-Bejaia	128
Maquis arboré	F.D. TAOURIRT IGHIL	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	637
Maquis arboré	T2. CHELATA-IGHRAM	Versant Ouest de la Soummam	74
Maquis arboré	F.D. BENI MIMOUN	Massifs côtiers Est-Bejaia	1297
Maquis arboré	T2. SIDI SAID-TIMZIRT	Monts de Seddouk	652
Maquis arboré	T2. BENI MAOUCHE	Monts de Seddouk	935
Maquis arboré	T2. BEJAIA-TOUDJA	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	276
Maquis arboré	F.D. DOUAR AIT TEMSIIT	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	228
Maquis arboré	F.D. MOUQUA	Monts d'Ighil Ali	121
Maquis arboré	F.D. DARGUINA	Massifs côtiers Est-Bejaia	346
Maquis arboré	F.D. M'ZALA	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	787
Maquis arboré	T2. OUZELLAGUEN-CHELATA	Versant Ouest de la Soummam	116
Maquis arboré	T2. TOUDJA-EL KSEUR-TAOURIRT IGHIL	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	288
Maquis arboré	T2. BOUDJELLIL-IGHIL ALI	Monts d'Ighil Ali	317
Maquis arboré	F.D. TAOURIRT IGHIL	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	579
Maquis arboré	T2. AMIZOUR-BOUKHELIFA-TICHI-AOKAS	Massifs côtiers Est-Bejaia	2136
Maquis arboré	F.D. BENI ABBES	Monts d'Ighil Ali	373
Maquis arboré	T2. BEJAIA	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	258
Maquis arboré	T2. TOUDJA-BENI KSILA	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	218
Maquis arboré	T2. BENI KSILA	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	956
Maquis arboré	F.D. TAGUEMOUNT	Monts d'Ighil Ali	633
Maquis arboré	T2. CHELATA-IGHRAM	Versant Ouest de la Soummam	67
Maquis arboré	F.D. BENI SEGOUEL	Massifs côtiers Est-Bejaia	189
Maquis arboré	F.D. TAOURIRT IGHIL	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	445
Maquis arboré	T2. BOUDJELLIL-IGHIL ALI	Monts d'Ighil Ali	124
Maquis arboré	T2. TOUDJA-BENI KSILA	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	974
Oléiculture		Versant Ouest de la Soummam	1192
Oléiculture	F.D. BOUHATEM	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	10
Oléiculture	F.D. BOUHATEM	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	8
Oléiculture		Versant Ouest de la Soummam	0
Oléiculture		Massifs côtiers Est-Bejaia	0
Oléiculture		Vallée de la Soummam	35
Oléiculture		Vallée de la Soummam	1
Oléiculture		Vallée de la Soummam	245
Oléiculture		Vallée de la Soummam	375

Oléiculture	F.D. BOUHATEM	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	753
Oléiculture		Monts d'Ighil Ali	935
Oléiculture		Vallée de la Soummam	231
Oléiculture		Monts de Seddouk	419
Oléiculture		Monts de Seddouk	322
Oléiculture		Vallée de la Soummam	43
Oléiculture		Massifs côtiers Ouest-Bejaia	265
Oléiculture		Monts de Seddouk	2029
Oléiculture		Monts de Seddouk	726
Oléiculture		Massifs côtiers Est-Bejaia	0
Oléiculture		Vallée de la Soummam	199
Oléiculture		Vallée de la Soummam	271
Oléiculture		Massifs côtiers Ouest-Bejaia	2436
Oléiculture		Vallée de la Soummam	223
Oléiculture		Massifs côtiers Ouest-Bejaia	309
Oléiculture		Monts de Seddouk	88
Oléiculture		Massifs côtiers Ouest-Bejaia	383
Oléiculture		Versant Ouest de la Soummam	6375
Oléiculture		Monts de Seddouk	2932
Oléiculture		Massifs côtiers Ouest-Bejaia	882
Oléiculture		Versant Ouest de la Soummam	2420
Oléiculture		Monts d'Ighil Ali	12706
Oléiculture		Vallée de la Soummam	109
Oléiculture		Monts de Seddouk	812
Oléiculture		Vallée de la Soummam	100
Oléiculture		Vallée de la Soummam	2737
Oléiculture		Versant Ouest de la Soummam	3110
Oléiculture		Massifs côtiers Ouest-Bejaia	2553
Oléiculture		Massifs côtiers Ouest-Bejaia	2735
Oléiculture		Vallée de la Soummam	1440
Oléiculture		Versant Ouest de la Soummam	1869
Oléiculture		Versant Ouest de la Soummam	4941
Oléiculture		Massifs côtiers Ouest-Bejaia	4281
Oléiculture		Massifs côtiers Ouest-Bejaia	272
Parcours		Vallée de la Soummam	138
Parcours		Monts de Seddouk	145
Parcours		Monts de Seddouk	161
Parcours		Monts de Seddouk	93
Parcours		Monts de Seddouk	134
Parcours		Monts de Seddouk	108
Parcours		Massifs côtiers Est-Bejaia	6
Parcours		Monts de Seddouk	109
Parcours		Versant Ouest de la Soummam	288
Parcours		Massifs côtiers Est-Bejaia	69
Parcours		Massifs côtiers Ouest-Bejaia	370
Parcours		Massifs côtiers Ouest-Bejaia	483
Parcours		Massifs côtiers Ouest-Bejaia	306

Parcours		Massifs côtiers Ouest-Bejaia	128
Parcours		Massifs côtiers Ouest-Bejaia	36
Parcours		Massifs côtiers Ouest-Bejaia	257
Parcours		Massifs côtiers Ouest-Bejaia	171
Parcours		Massifs côtiers Ouest-Bejaia	79
Parcours		Monts d'Ighil Ali	160
Parcours		Monts d'Ighil Ali	346
Parcours		Monts d'Ighil Ali	152
Parcours		Versant Ouest de la Soummam	855
Parcours		Monts de Seddouk	3
Parcours		Massifs côtiers Ouest-Bejaia	196
Parcours		Massifs côtiers Ouest-Bejaia	27
Parcours		Massifs côtiers Ouest-Bejaia	90
Parcours		Monts d'Ighil Ali	54
Parcours		Versant Ouest de la Soummam	193
Parcours		Massifs côtiers Ouest-Bejaia	60
Parcours		Massifs côtiers Ouest-Bejaia	95
Parcours		Massifs côtiers Ouest-Bejaia	74
Parcours		Monts d'Ighil Ali	15
Parcours		Monts d'Ighil Ali	14
Parcours	F.D. BENI MIMOUN	Massifs côtiers Est-Bejaia	73
Parcours	F.D. BOUHATEM	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	6
Parcours	F.D. BOUHATEM	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	186
Parcours	F.D. DARGUINA	Massifs côtiers Est-Bejaia	11
Parcours		Vallée de la Soummam	8
Parcours		Monts de Seddouk	718
Parcours		Massifs côtiers Ouest-Bejaia	64
Parcours		Massifs côtiers Est-Bejaia	66
Parcours		Massifs côtiers Ouest-Bejaia	7
Parcours		Vallée de la Soummam	178
Parcours		Versant Ouest de la Soummam	444
Parcours		Massifs côtiers Ouest-Bejaia	75
Parcours		Monts de Seddouk	178
Parcours		Monts d'Ighil Ali	279
Parcours		Monts d'Ighil Ali	87
Parcours		Monts d'Ighil Ali	398
Parcours		Versant Ouest de la Soummam	2209
Parcours		Monts de Seddouk	391
Parcours		Massifs côtiers Ouest-Bejaia	139
Parcours		Massifs côtiers Ouest-Bejaia	133
Parcours		Massifs côtiers Ouest-Bejaia	219
Parcours		Massifs côtiers Ouest-Bejaia	280
Parcours		Massifs côtiers Ouest-Bejaia	41
Parcours		Monts de Seddouk	1206
Parcours		Versant Ouest de la Soummam	248
Parcours		Versant Ouest de la Soummam	117
Parcours		Massifs côtiers Ouest-Bejaia	23

Parcours		Massifs côtiers Ouest-Bejaia	1035
Parcours		Monts d'Ighil Ali	95
Parcours		Massifs côtiers Ouest-Bejaia	243
Parcours		Massifs côtiers Ouest-Bejaia	382
Parcours		Versant Ouest de la Soummam	140
Parcours	F.D. BOUHATEM	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	8
Parcours	F.D. BOUHATEM	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	4
Parcours		Versant Ouest de la Soummam	52
Parcours		Monts d'Ighil Ali	249
Parcours		Vallée de la Soummam	215
Parcours		Massifs côtiers Ouest-Bejaia	238
Parcours		Monts de Seddouk	369
Parcours		Monts de Seddouk	279
Parcours		Monts de Seddouk	599
Parcours		Vallée de la Soummam	353
Parcours		Versant Ouest de la Soummam	85
Parcours		Massifs côtiers Ouest-Bejaia	300
Parcours		Monts d'Ighil Ali	14
Parcours		Massifs côtiers Ouest-Bejaia	29
Parcours		Massifs côtiers Est-Bejaia	524
Parcours		Massifs côtiers Est-Bejaia	430
Parcours		Massifs côtiers Est-Bejaia	488
Parcours		Monts de Seddouk	96
Parcours		Massifs côtiers Ouest-Bejaia	1259
Parcours		Versant Ouest de la Soummam	581
Parcours	F.D. DARGUINA	Massifs côtiers Est-Bejaia	58
Parcours	F.D. BOUHATEM	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	49
Parcours	F.D. DARGUINA	Massifs côtiers Est-Bejaia	184
Parcours		Massifs côtiers Ouest-Bejaia	282
Parcours		Monts d'Ighil Ali	1540
Parcours		Monts de Seddouk	1070
Parcours		Vallée de la Soummam	591
Parcours		Massifs côtiers Est-Bejaia	4933
Parcours		Massifs côtiers Ouest-Bejaia	250
Parcours		Massifs côtiers Est-Bejaia	2398
Plan d'eau		Massifs côtiers Est-Bejaia	599
Reboisement	F.D. DARGUINA	Massifs côtiers Est-Bejaia	172
Reboisement	T2. SOUK EL THENINE-AOKAS-TASKRIOUT-DARGUINA-TIZI N'BERBER	Massifs côtiers Est-Bejaia	197
Urbain		Monts de Seddouk	136
Urbain		Vallée de la Soummam	0
Urbain		Versant Ouest de la Soummam	286
Urbain		Vallée de la Soummam	1
Urbain		Vallée de la Soummam	261
Urbain		Vallée de la Soummam	119
Urbain		Massifs côtiers Est-Bejaia	13
Urbain		Massifs côtiers Ouest-Bejaia	11
Urbain		Monts d'Ighil Ali	12

Urbain		Vallée de la Soummam	7
Urbain		Monts d'Ighil Ali	81
Urbain		Vallée de la Soummam	25
Urbain		Versant Ouest de la Soummam	23
Urbain		Massifs côtiers Ouest-Bejaia	23
Urbain		Massifs côtiers Ouest-Bejaia	237
Urbain	F.D. GOURAYA	Massifs côtiers Ouest-Bejaia	46
Urbain		Vallée de la Soummam	137
Urbain		Monts de Seddouk	101
Urbain		Vallée de la Soummam	72
Urbain		Versant Ouest de la Soummam	10
Urbain		Massifs côtiers Est-Bejaia	59
Urbain		Monts d'Ighil Ali	79
Urbain		Vallée de la Soummam	214
Urbain		Massifs côtiers Est-Bejaia	214
Urbain		Versant Ouest de la Soummam	175
Urbain		Massifs côtiers Ouest-Bejaia	292
Urbain		Massifs côtiers Est-Bejaia	22
Urbain		Vallée de la Soummam	253
Urbain	F.D. BENI MELLOUL	Massifs côtiers Est-Bejaia	45
Urbain	F.D. OUED AGHRIOUN	Massifs côtiers Est-Bejaia	41
Urbain		Monts de Seddouk	35
Urbain		Versant Ouest de la Soummam	680
Urbain		Massifs côtiers Ouest-Bejaia	560
Urbain		Vallée de la Soummam	1066

Annexe 04 : Echantillon de paramètres utilisés pour la modélisation du risque d'incendie dans la wilaya de Béjaïa (base de donnée au nombre de 3091 ligne).

LAT	LON	Date	O	L	C	Z(m)	P(mm)	P(°)	E(°)	NDVI
36,777	4,878	24/03/2001	6	7	2	444,6	1000	69,844597	18,034286	0,557113
36,839	4,615	25/05/2001	5	8	2	296	1000	75,782997	252,072083	0,748026
36,842	4,615	07/06/2001	5	8	2	400,2	1000	74,561943	225	0,727206
36,49	4,467	19/07/2001	5	11	3	1323,8	900	2,726897	198,434952	0,549854
36,486	4,486	19/07/2001	6	11	3	768	700	54,833603	341,436859	0,520995
36,486	4,459	19/07/2001	5	11	3	1135,24	900	76,02005	251,791519	0,549854
36,483	4,476	19/07/2001	6	11	3	1026,64	800	11,553798	294,676849	0,486963
36,556	4,584	28/07/2001	3	11	2	400,28	700	13,911757	287,700439	0,595668
36,465	4,433	28/07/2001	7	2	3	1319	900	2,37073	255,96376	0,451852
36,475	4,443	28/07/2001	6	11	3	920,8	800	0	-1	0,592963
36,474	4,431	28/07/2001	7	2	3	1082,8	900	7,458767	94,398705	0,597148
36,593	5,248	01/08/2001	5	2	3	921,64	1500	7,159687	357,709381	0,543417
36,772	5,021	09/08/2001	6	4	1	152,68	900	0	-1	0,663324
36,771	5,016	09/08/2001	6	4	1	250,92	900	23,817171	213,870804	0,663324
36,736	4,544	15/08/2001	1	7	3	587,6	1200	40,759071	33,597507	0,718069
36,727	4,542	15/08/2001	3	8	3	804,96	1500	0	-1	0,715527
36,58	5,391	24/08/2001	3	2	3	275,8	1500	61,087193	225	0,690954
36,487	4,474	26/08/2001	5	11	3	1118,68	800	77,809921	179,627151	0,584551
36,584	5,461	31/08/2001	1	10	3	956,8	2000	79,685158	152,755951	0,642857
36,594	5,336	31/08/2001	5	2	1	150,96	1000	78,764534	225	0,653733
36,587	5,322	31/08/2001	5	2	2	302,12	1200	69,694664	358,083771	0,67423
36,585	5,334	31/08/2001	3	2	1	208	1000	19,538036	154,885162	0,658192
36,55	5,389	09/09/2001	4	10	3	1002,4	2000	78,349968	92,669891	0,631883
36,549	5,4	09/09/2001	4	10	3	757,4	2000	71,878166	9,648046	0,542388
36,485	4,473	09/09/2001	6	11	3	1090,8	800	55,510887	35,170109	0,584551
36,828	4,767	02/10/2001	3	8	2	326,48	1000	72,68235	2,871363	0,70264
36,483	4,438	04/10/2001	7	2	3	1260,04	900	0	-1	0,592963
36,639	5,421	05/10/2001	3	10	2	438,36	1000	78,488533	90,117172	0,686495
36,615	5,296	05/10/2001	1	12	2	129,2	1000	10,002071	94,899094	0,599804
36,858	4,747	18/10/2001	3	8	1	410,64	900	21,695745	132,95459	0,659292
36,857	4,758	18/10/2001	3	8	1	519,88	1000	49,939148	236,712479	0,666245
36,878	4,795	20/10/2001	3	8	1	151,2	700	11,661736	175,815079	0,645326
36,869	4,717	20/10/2001	4	8	1	125,68	700	38,448891	342,710815	0,612873



Modelling fire hazard in the southern Mediterranean fire rim (Bejaia region, northern Algeria)

Aissa AINI · Thomas CURT · Farid BEKDOUCHE

Received: 7 May 2019 / Accepted: 29 October 2019
© Springer Nature Switzerland AG 2019

Abstract The southern rim of the Mediterranean Basin (MB) has a long fire history but fire hazard is poorly investigated in comparison to the northern rim. We built a fire database using MODIS data (2001–2015) for an area typical of the northern coastal Algeria (Bejaia region) in order to decipher the role of environmental and anthropic controls on the fire frequency and the area burnt. We found a high role of bioclimate, which controls the fuel dryness, ignitability, and biomass. Maximal fire frequency and burnt areas were recorded in northern sub-humid areas with high amounts of forests and shrublands, and fire was limited in the southern sub-arid area. Humans set most fires, and preferentially burn forests, shrublands, pastures, groves, and agricultural lands. The maximal fire frequency and burnt area occurs in wildland urban interfaces characterized by forest-

shrublands mosaics with disseminated habitats. Fire activity is low to medium in rural-urban interfaces characterized by agropastoral areas with high habitat density and large habitat patches. Small to large crown fires occur in forests and shrublands, while small surface fires predominate in agropastoral areas and groves. Large fires (> 100 ha) are rare (10%) but contribute for ca. 50% to the total area burnt. These fire features are typical of many rural countries of the southern rim of the MB, and contrast with those on the northern rim. Based on this, we propose to improve the prevention, the detection, and the management of forest fires in the long term and to protect forests that host high biodiversity in Algeria.

Keywords Fuel limitation · Normalized difference vegetation index · Rural urban interfaces

Electronic supplementary material The online version of this article (<https://doi.org/10.1007/s10661-019-7931-0>) contains supplementary material, which is available to authorized users.

A. AINI · F. BEKDOUCHE
Research Laboratory in Ecology and Environment, Faculty of Science of Nature and Life, Bejaia University, Targa Ouzemmour, 06000 Bejaia, Algeria
e-mail: aissa.aini@univ-bejaia.dz

T. CURT
IRSTEA UMR RECOVER, 3275 route Cézanne -4006,
13182 Aix-en-Provence cedex 5, CS, France

F. BEKDOUCHE
Department of Ecology and Environment, Faculty of Science of Nature and Life, Batna University 2, 53, Route de Constantine, Fésdis, 05078 Batna, Algeria

Introduction

The Mediterranean basin (MB) is a fire hotspot of the world with a long fire history (Keeley et al. 2012; Hantson et al. 2015). Indeed, the MB is a zone of convergence of many factors conducive to fire including a harsh and dry climate, a high and ancient density of humans who often use fire as a tool for cultivation or pastoralism or for many motives (Meddour-Sahar et al. 2013; González-Olabarria et al. 2015), and a variety of flammable vegetation fuels (Keeley et al. 2012). However, the southern rim of the Mediterranean basin (i.e., the Maghreb including Algeria, Morocco, and Tunisia)

الحافة الجنوبية لحوض البحر الأبيض المتوسط لها تاريخ طويل في النيران ولكن خطر الحريق لا يتم التحقيق فيه بشكل جيد مقارنة بالحافة الشمالية. قمنا ببناء قاعدة بيانات الحريق باستخدام بيانات (MODIS (2001-2015 لمنطقة نموذجية من الساحل الشمالي الجزائري (منطقة بجاية) من أجل فك دور الضوابط البيئية والأنثروبولوجية على تردد الحريق والمنطقة المحروقة. وجدنا دورًا عاليًا في المناخ الحيوي، والذي يتحكم في تشكيلات قابلة للاشتعال وإمكانية الكتلة الحيوية. تم تسجيل الحد الأقصى لتردد النار والمناطق المحروقة في المناطق شبه الرطبة الشمالية بكميات كبيرة من الغابات والأشجار، وكان الحريق محدودًا في المنطقة شبه القاحلة الجنوبية. يلعب البشر دورًا في بدء الحرائق ويفضلون حرق الغابات والأشجار والمراعي والبساتين والأراضي الزراعية. تحدث حرائق التاج الصغيرة إلى الكبيرة في الغابات والأشجار، بينما تسود حرائق السطح الصغيرة في المناطق الزراعية الرعوية والبساتين. من النادر حدوث حرائق كبيرة (< 100 هكتار) (10%) ولكنها تساهم في حدوث الحرائق، حرق 50% من المساحة الكلية. تعتبر سمات الحريق هذه نموذجية للعديد من البلدان الريفية في الحافة الجنوبية لحوض البحر المتوسط، وتتناقض مع تلك الموجودة على الحافة الشمالية. وبناءً على ذلك، نقترح تحسين الوقاية من حرائق الغابات وكشفها وإدارتها على المدى الطويل وحماية الغابات التي تستضيف التنوع البيولوجي العالي في الجزائر.

Résumé.

Le bord sud du bassin méditerranéen a une longue histoire d'incendie mais le risque d'incendie est mal étudié par rapport au bord nord. Nous avons construit une base de données sur les incendies à partir des données MODIS (2001-2015) pour une zone typique de la côte nord de l'Algérie (région de Bejaia) afin de déchiffrer le rôle des contrôles environnementaux et anthropiques sur la fréquence des incendies et la zone brûlée. Nous avons trouvé un rôle élevé du bioclimat, qui contrôle la sécheresse du combustible, l'inflammabilité et la biomasse. La fréquence maximale des incendies et les zones brûlées ont été enregistrées dans les zones subhumides du nord avec de grandes quantités de forêts et de broussailles, et les incendies étaient limités dans la zone subaride du sud. Les humains ont allumé la plupart des incendies et ont brûlé de préférence les forêts, les broussailles, les pâturages, les bosquets et les terres agricoles. Des feux de cime petits à grands se produisent dans les forêts et les marécages, tandis que les petits feux de surface prédominent dans les zones agropastorales et les bosquets. Les grands incendies (> 100 ha) sont rares (10%) mais contribuent pendant env. 50% de la surface totale brûlée. Ces caractéristiques de feu sont typiques de nombreux pays ruraux du bord sud du bassin méditerranéen et contrastent avec celles du bord nord. Sur cette base, nous proposons d'améliorer la prévention, la détection et la gestion des incendies de forêt sur le long terme et de protéger les forêts qui abritent une biodiversité élevée en Algérie.

Abstract.

The southern rim of the Mediterranean Basin has a long fire history but fire hazard is poorly investigated in comparison to the northern rim. We built a fire database using MODIS data (2001–2015) for an area typical of the northern coastal Algeria (Bejaia region) in order to decipher the role of environmental and anthropic controls on the fire frequency and the area burnt. We found a high role of bioclimate, which controls the fuel dryness, ignitability, and biomass. Maximal fire frequency and burnt areas were recorded in northern sub-humid areas with high amounts of forests and shrublands, and fire was limited in the southern sub-arid area. Humans set most fires, and preferentially burn forests, shrublands, pastures, groves, and agricultural lands. Small to large crown fires occur in forests and shrublands, while small surface fires predominate in agropastoral areas and groves. Large fires (> 100 ha) are rare (10%) but contribute for ca. 50% to the total area burnt. These fire features are typical of many rural countries of the southern rim of the Mediterranean Basin, and contrast with those on the northern rim. Based on this, we propose to improve the prevention, the detection, and the management of forest fires in the long term and to protect forests that host high biodiversity in Algeria.