



**HAL**  
open science

# Analyse spatiale et environnementale du risque d'incendie de forêt en Algérie : Cas de la Kabylie maritime

Hamid Belkaid

► **To cite this version:**

Hamid Belkaid. Analyse spatiale et environnementale du risque d'incendie de forêt en Algérie : Cas de la Kabylie maritime. Géographie. Université Nice Sophia Antipolis, 2016. Français. NNT : 2016NICE2011 . tel-01355757

**HAL Id: tel-01355757**

**<https://theses.hal.science/tel-01355757>**

Submitted on 24 Aug 2016

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

## **THESE**

présentée devant

**l'Université de Nice - Sophia Antipolis**

en vue de l'obtention du

**DIPLÔME DE DOCTORAT**

(arrêté ministériel du 30 mars 1992)

**Spécialité : Géographie**

par

**BELKAÏD HAMID**

**Analyse spatiale et environnementale du risque  
d'incendie de forêt en Algérie  
Cas de la Kabylie maritime**

**Soutenue : le 27 avril 2016**

**Jury :**

Pr. Pierre CARREGA	Directeur
Pr. Arezki DERRIDJ	Rapporteur
Pr. Michel ERPICUM	Rapporteur
Pr. Dennis FOX	Examinateur

**U.M.R. « ESPACE » 7300 du C.N.R.S.**

**Équipe « Gestion et Valorisation de l'Environnement »**

UFR « Espaces et cultures »

Université de Nice-Sophia Antipolis - 98, Bd. E. Herriot – 06200 Nice

## ***Dédicaces***

*Je dédie ce modeste travail à ma chère épouse Hafou qui m'a encouragé et soutenu tout au long de mes études en France, à mes deux petits anges Nayel et Manel-Anaïs, ainsi qu'à mes belles sœurs Fafi, Micha et Djami qui m'ont beaucoup aidé dans la réalisation de cette thèse.*

*Je ne manquerai pas aussi de le dédier à mes chers parents et à toute ma famille en Algérie et en France.*

## **Remerciements**

*Je tiens à remercier en premier lieu Monsieur Pierre Carrega, Professeur émérite à l'université de Nice, qui a accepté de diriger cette thèse et qui a toujours répondu présent à toutes mes sollicitations en dépit des neuf cent kilomètres qui nous séparent. Il n'a lésiné sur aucun moyen pour me faciliter la tâche, tout en restant fortement attaché à la rigueur qu'exige la science en général et la recherche scientifique en particulier. Son apport est très précieux, j'en suis aujourd'hui très reconnaissant et fier d'avoir été son élève.*

*Je remercie vigoureusement Monsieur Arezki Derridj, Professeur à l'université de Tizi Ouzou et Monsieur Michel Erpicum, Professeur à l'université de Liège, qui ont accepté le travail consciencieux de rapporteur et d'avoir fait le déplacement jusqu'à Nice pour juger ce travail.*

*Je remercie vivement Monsieur Dennis Fox, Professeur à l'université de Nice pour sa disponibilité et ses conseils et surtout d'avoir répondu favorablement à la demande de faire partie du Jury en tant qu'examineur.*

*Je ne maquerai pas de remercier les services de l'Office National de la Météo et le personnel des stations météorologiques de Dellys et de Boukhalfa qui m'ont facilité l'accès aux données climatiques.*

*J'adresse mes vifs remerciements aux services de la Direction Générale des Forêts de Tizi-Ouzou, notamment aux équipes des circonscriptions des forêts de Tizirt et d'Azeffoun pour avoir mis à ma disposition les données sur les incendies de forêts, d'avoir partagé leurs expériences et d'avoir répondu favorablement à chacune de mes sollicitations, ainsi que pour leurs conseils et leur accompagnement sur le terrain.*

## **RESUME**

La présente thèse se veut une analyse des facteurs impliqués dans l'apparition des incendies de forêts en Kabylie ; la région montagneuse et forestière la plus touchée par le phénomène des incendies de forêts dans le nord algérien. Le présent travail est mené selon trois principaux axes : caractérisation des incendies de forêts de la Kabylie maritime pour rendre compte de cette exception locale, analyse de la variabilité spatiale du feu en rapport avec les facteurs humains et environnementaux et analyse météorologique relative aux grands incendies. Toutefois, l'accent est mis sur la dimension anthropique des incendies de forêts, un aspect très peu interrogé en Algérie.

Il ressort des différentes analyses que le nombre très élevé d'incendies de forêts de la Kabylie maritime est étroitement lié à l'action anthropique. En effet, plusieurs relations très significatives entre les incendies et les éléments de l'espace ont été mises en évidence, à l'image des routes et des habitations, mais aussi entre ces derniers et les formations végétales. Les incendies ont une variabilité spatiale conditionnée par ces éléments spatiaux. Les activités d'élevage hors-sol sont très importantes dans cette zone, leur présence n'a pas d'effet significatif sur l'apparition des incendies, mais cette activité en libre pâture reste un vecteur important du feu, vu le nombre d'incendies enregistrés en zones de parcours. Le rôle des interfaces habitat/forêt est également moindre dans le déclenchement des incendies à la vue de l'absence de relation significative. Les grands incendies de la Kabylie maritime sont des événements relativement isolés mais directement liés à des situations météorologiques extrêmes qui se combinent à une réserve d'eau du sol extrêmement faible.

**Mots clés** : incendies, risque, Kabylie, variabilité spatiale, facteurs humains, climat.

## **ABSTRACT**

This thesis aims to identify the factors involved in the occurrence of fires in Kabylia; a northern Algerian region known for its mountains and dense forests. The research is conducted in three main steps involving, the characterization of forest fires in the maritime Kabylia in order to shed light on this local exception, analysis of the spatial variability of fire in relation to the human and environmental factors, and finally, the meteorological analysis of large fires category. This work focuses on the influence of the anthropogenic factor on forest fires, a few questioned subjects in the algerian studies on fires. It appears from the various analyzes that the very high number of forest fires in the maritime Kabylia, is closely related to human action. Indeed, several very significant relationships between fire and space elements, like roads and houses, have been identified, and between fire and plant formations. Fires spatial variability is conditioned by these spatial elements. The soilless farming activities are very important in this area; their presence has no significant effect on the occurrence of fires, but this activity by free grazing remains an important driver of the fire, given the number of fires registered in rangelands. The role of interfaces housing / forest is also lower in triggering fires at the sight of the lack of meaningful relationship. The large fires in maritime Kabylia are relatively isolated events, but directly related to extreme weather events, which combine with a water extremely low ground.

**Keywords:** fires, risk, Kabylia, spatial variability, human factors, weather.

## TABLE DES MATIERES

	Page
<b>Introduction</b> .....	10
 <b>CHAPITRE 1 : Aperçu général sur la problématique des incendies de forêts en Algérie</b>	
<b>1.1 Description biogéographique et état actuel de la forêt algérienne</b> .....	16
1.1.1 Principaux ensembles topographiques .....	16
1.1.2 Régions forestières d'Algérie .....	18
<b>1.2 Risques majeurs en Algérie</b> .....	23
<b>1.3 Désertification</b> .....	23
<b>1.4 Sécheresse</b> .....	24
<b>1.5 Risque d'incendie de forêt</b> .....	25
<b>1.6 Les feux de forêts: un problème universel</b> .....	27
<b>1.7 Causes des incendies de forêts en Algérie</b> .....	38
<b>Conclusion</b> .....	40
 <b>CHAPITRE 2: Présentation du terrain d'étude</b>	
<b>2.1 Situation géographique du terrain d'étude</b> .....	43
<b>2.2 Caractéristiques géomorphologiques</b> .....	45
2.2.1 Massif montagneux de Beni Ghobri-Akfadou.....	46
2.2.2 Massif ancien kabyle (ou contreforts du Djurdjura) .....	47
2.2.3 Chaîne du Djurdjura .....	48
2.2.4 Zone de vallées, plaines et dépressions .....	48
2.2.5 Chaîne côtière .....	49
<b>2.3 Caractéristiques orographiques de la chaîne côtière</b> .....	49
<b>2.4 Géologie et lithologie de la région de Kabylie</b> .....	51
<b>2.5 Caractéristiques climatiques</b> .....	53
2.5.1 Précipitations .....	54
2.5.2 Températures .....	56
2.5.3 Vent.....	56
2.5.4 Insolation .....	58
2.5.5 Bioclimats.....	59
<b>2.6 Aspect physionomique et floristique</b> .....	63

<b>2.7 Gestion forestière et organisation territoriale .....</b>	<b>70</b>
<b>2.8 Utilisation de l'espace.....</b>	<b>73</b>
<b>2.9 Choix du terrain d'étude .....</b>	<b>74</b>
<b>Conclusion.....</b>	<b>77</b>

### **CHAPITRE 3 : Physique du feu et caractérisation des incendies en Kabylie maritime**

<b>3.1 Définition de l'incendie .....</b>	<b>80</b>
<b>3.2 Éclosion .....</b>	<b>80</b>
<b>3.3 Propagation.....</b>	<b>82</b>
3.3.1 Relation propagation-stratification.....	82
3.3.2 Relation propagation-composition du combustible.....	84
3.3.3 Relation propagation-relief .....	84
<b>3.4 Processus de combustion du bois .....</b>	<b>85</b>
<b>3.5 Processus de transfert de chaleur .....</b>	<b>87</b>
3.5.1 Conduction .....	89
3.5.2 Rayonnement ou radiation .....	89
3.5.3 Convection .....	90
<b>3.6 Puissance théorique du front de feu .....</b>	<b>91</b>
<b>3.7 Facteurs favorisant le départ et la propagation du feu.....</b>	<b>91</b>
3.7.1 Effet de la pente.....	91
3.7.2 Effet de l'altitude.....	92
3.7.3 Effet du vent.....	92
3.7.4 Effet de l'hygrométrie .....	95
3.7.5 Effet de la température .....	95
3.7.6 Effet de la teneur en eau du végétal .....	96
3.7.7 Effet de la teneur en eau de la litière .....	96
3.7.8 Effet de l'ensoleillement .....	97
3.7.9 Nature du combustible .....	98
<b>3.8 Dynamique des incendies en Kabylie .....</b>	<b>98</b>
3.8.1 Variabilité temporelle des fréquences .....	101
3.8.2 Variabilité interannuelle des surfaces brûlées.....	104

3.8.3 Feu moyen .....	105
3.8.4 Classes des surfaces incendiées.....	106
3.8.5 Relation surface incendiée-nombre d'incendies.....	108
3.8.6 Récurrence.....	108
3.8.7 Intensité .....	110
3.8.6 Localisation et lieux de départ.....	111
<b>3.9 Causes connues ou probables .....</b>	<b>112</b>
<b>3.10 Place du feu dans la pratique agricole et pastorale.....</b>	<b>114</b>
<b>Conclusion.....</b>	<b>115</b>

## **CHAPITRE 4 : Facteurs d'incendies et analyse de la variabilité spatiale du feu en Kabylie maritime**

<b>4.1 Pression anthropique .....</b>	<b>118</b>
4.1.1 Activité économique .....	122
4.1.2 Urbanisation .....	124
4.1.3 Réseau routier.....	126
<b>4.2 Biomasse combustible .....</b>	<b>129</b>
<b>4.3 Analyse de la variabilité spatiale d'occurrence du feu .....</b>	<b>131</b>
4.3.1 Méthodologie et variables exploitées .....	132
4.3.2 Recueil des données .....	136
4.3.3 Répartition spatiale des incendies dans la partie ouest de la Kabylie maritime.....	139
4.3.4 Relations entre incendies et variables spatiales et environnementales .....	140
<b>Conclusion .....</b>	<b>164</b>

## **CHAPITRE 5 : Grands feux et conditions climatiques extrêmes en Kabylie maritime**

<b>5.1 Contexte climatique de la saison estivale .....</b>	<b>168</b>
<b>5.2 Sécheresse et stress hydrique des plantes.....</b>	<b>168</b>
<b>5.3 Conditions météorologiques favorisant les incendies en été en Kabylie maritime...</b>	<b>169</b>
5.3.1 Température .....	170
5.3.2 Humidité relative de l'air .....	172
5.3.4 Vent .....	173

5.3.5 Insolation .....	175
<b>5.4 Matériels et méthodes</b> .....	176
5.4.1 Grands incendies .....	176
5.4.2 Méthodes d'estimation du risque d'incendie de forêt .....	180
5.4.3 Échelles de risques .....	184
<b>5.5 Étude des grands incendies en Kabylie maritime</b> .....	185
5.5.1 Estimation du risque météorologique d'incendies de forêts en Kabylie maritime à court terme .....	187
5.5.2 Analyse et reconstitution du risque météorologique .....	196
5.5.3 Discussion et synthèse .....	219
5.5.4 Détermination des différentes situations météorologiques conduisant aux grands incendies en Kabylie maritime .....	226
Conclusion .....	232
<b>Conclusion générale et perspectives</b> .....	234
Bibliographie .....	237
Liste des tableaux .....	248
Liste des figures .....	250
Annexes .....	255

## INTRODUCTION

De tout temps, l'homme a appris à se protéger des dangers des phénomènes naturels en construisant des remparts et en inventant des outils qui permettent de modérer les excès et de faire face aux pénuries. Face aux aléas, l'homme s'acclimate et s'adapte, mais sans parvenir à une totale maîtrise des enjeux associés. En ce sens, les dangers ou les risques naturels les plus menaçants sont souvent les plus imprévisibles. En effet, l'exemple du tsunami qui a ravagé les côtes de l'Asie du Sud Est en 2004 est édifiant. Sans aucun moyen de prévision ni d'alerte, les habitants de ces côtes ont été surpris et les conséquences étaient incommensurables. Les inondations et les tempêtes font, elles aussi chaque année, plusieurs milliers de victimes en Asie et en Amérique, sans oublier les conséquences des grandes canicules sur les populations vulnérables et encore moins, les feux de forêts qui, non seulement détruisent le couvert végétal, mais font également plusieurs dizaines de victimes annuellement à travers le monde. Ces derniers se distinguent par la particularité d'être à la fois un phénomène naturel et anthropique. Naturel, par ce qu'ils se développent en interaction avec les éléments environnementaux (végétation, relief et climat) et anthropique car ils sont provoqués, la plupart du temps, volontairement ou involontairement, par l'homme. Deux enjeux majeurs peuvent être soulignés: les écosystèmes forestiers ainsi que les vies humaines et leurs biens. Fort heureusement la plupart des feux se limitent à l'élimination du couvert végétal. Néanmoins, ces derniers sont considérés comme dangereux pour l'homme. Leur impact sur les écosystèmes forestiers, est très contrasté. Certains paysages forestiers et pré-forestiers (maquis et garrigue) méditerranéens sont le résultat de plusieurs siècles de dégradation de tout bord, notamment celle provoquée par les incendies. Aidé par des conditions climatiques spécifiques et une végétation inflammable, le feu continue de sévir et de détruire, en été comme en hiver, des milliers d'hectares d'une végétation déjà fragilisée par les différentes actions néfastes liées principalement à l'usage de l'espace par l'homme, à l'exploitation abusive des ressources naturelles, et au développement économique.

La région méditerranéenne est l'un des bastions de ce phénomène qui se manifeste avec une virulence particulière en été. Les pays du pourtour méditerranéen subissent annuellement les conséquences écologiques, économiques et sociales des incendies de forêts et la réponse apportée est unanime: lutter contre le feu par tous les moyens possibles. Néanmoins, l'incendie de forêt est un risque multidimensionnel. La multitude de facteurs qui entrent en jeu complique davantage la compréhension de ce phénomène, notamment sa genèse, son évolution et ses conséquences à long terme. L'approche qui combine les facteurs anthropiques

et environnementaux est la plus privilégiée, pour répondre aux problèmes posés par le feu de forêt, car c'est un champ interdisciplinaire, où s'associent les climatologues, les écologues, les agronomes, les forestiers, les géographes et les aménagistes pour tenter d'appréhender ce phénomène dans son fonctionnement, son environnement, ses mécanismes et son évolution.

Le présent travail s'inscrit dans cet axe de recherche qui s'efforce de décrire et d'expliquer certains aspects des phénomènes complexes. En revanche, au-delà de l'homogénéité climatique de la région méditerranéenne, certains aspects physiques micro-locaux, notamment le relief et le combustible végétal peuvent modérer ou aggraver ce phénomène. Plus encore, l'organisation spatiale du bâti, l'activité humaine et la densification du réseau routier et des transports au niveau local, sont les principaux facteurs de déclenchement des incendies de forêts. La variabilité spatiale de ces facteurs recèle des spécificités en matière d'incendies de forêts au niveau de chaque sous-région géographique.

La présente thèse s'intéresse, donc, aux différentes influences émanant de l'espace vécu (dimension anthropique) et de l'environnement sur la genèse et l'évolution des feux de forêts au niveau local.

Pour traiter cette question, nous nous sommes intéressés au cas de l'Algérie, qui subit annuellement un lourd préjudice en matière de feu de forêt, notamment dans sa partie nord qui recèle une importante couverture forestière et une forte concentration de l'habitat. Les statistiques récentes montrent une recrudescence du nombre d'incendies et un léger recul des surfaces incendiées. Ceci renseigne sur le niveau élevé du risque d'incendie qui menace les moindres espaces végétaux à cause, notamment, d'un climat rude et d'une exploitation abusive et parmi les régions qui souffrent du problème d'incendies en Algérie, il y a la Kabylie, qui est à la fois, une région forestière et montagneuse mais qui a la particularité d'être habitée. Ainsi, la pression permanente de l'homme sur ces milieux forestiers peut être à l'origine des incendies qui n'ont cessé de transformer le paysage végétal de cette région.

Étant de type écologique pour la plupart, les études réalisées sur ce terrain se focalisent sur les perturbations engendrées par le feu dans le fonctionnement des écosystèmes forestiers et pré-forestiers et n'interrogent pas suffisamment la genèse du risque d'incendie du point de vue anthropique. C'est pour quoi il est nécessaire d'étendre le champ d'étude vers des analyses spatiales de la problématique des incendies. Selon (MEDDOUR-SAHAR, 2008 ; GHAZI, 2009), les causes naturelles sont souvent évoquées par les spécialistes de la forêt pour expliquer les incendies en Algérie.

La topographie de la Kabylie offre une variété de conditions physiques plus ou moins favorables à l'incendie ; on y rencontre des collines et des 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. 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.

Pour traiter les différentes questions de cette thèse et eu égard aux éléments du terrain d'étude, nous avons scindé le présent travail en cinq chapitres : aperçu général sur la problématique des incendies de forêts en Algérie, présentation du terrain d'étude, physique du feu et caractérisation des incendies en Kabylie maritime, facteurs d'incendies et analyse de la variabilité spatiale du feu en Kabylie maritime et les grands feux en relation avec certaines conditions climatiques extrêmes en Kabylie maritime.

Le but de cette organisation est de décliner progressivement les différents aspects de la problématique des incendies en Algérie à différentes échelles spatio-temporelles afin d'apporter le maximum d'informations sur la question, avant d'aborder les analyses relatives aux différents facteurs intervenants dans ce phénomène complexe qui est l'incendie.

La méthodologie s'appuie, essentiellement, sur des aperçus bibliographiques pour mieux cerner les questions évoquées et surtout une approche empirique pour tenter d'expliquer, par le biais de plusieurs traitements statistiques, la présence et l'évolution des incendies de forêts en Kabylie maritime à partir d'un certain nombre de données recueillies à cet effet. Plusieurs variables ont été impliquées pour tenter d'expliquer les incendies. Le facteur anthropique est représenté par sept variables relatives à l'utilisation de l'espace par l'homme : la distance au tissu urbain, la distance au réseau routier, la catégorie de route, le nombre d'exploitations

d'élevage hors-sol, le nombre d'interfaces habitat/forêt, la présence ou l'absence du bâti et l'organisation spatiale de celui-ci. Le facteur environnemental est représenté par six variables : le type de végétation, la pente, l'altitude, la température, la vitesse du vent, l'humidité relative de l'air.

L'étude consiste en la mise en évidence des relations entre les incendies et les variables spatiales et environnementales qui peuvent être quantitatives ou qualitatives comme la simple présence ou l'absence du bâti, à travers le calcul de corrélations et de régressions simples et multiples. Les relations éventuelles seront formalisées par des modèles statistiques définis. La contribution de chaque variable est également évaluée individuellement pour déterminer les variables prépondérantes dans l'avènement du feu.

L'étude inclue également une analyse du risque météorologique d'incendies de forêts notamment durant les journées où de grands feux ont eu lieu. L'analyse fera appel à l'utilisation d'indices de risque météorologique dans une démarche de reconstitution des conditions dans lesquelles se sont déroulés ces grands incendies. L'objectif est de déterminer les différentes situations météorologiques conduisant à l'apparition des grands incendies en Kabylie maritime.

## **CHAPITRE 1**

### **Aperçu général sur la problématique des incendies de forêts en Algérie**

En Algérie, l'intérêt accordé à la question des incendies de forêts s'est traduit par la mise en place de plusieurs programmes avec des objectifs chiffrés, mais qui souffrent d'un manque avéré d'accompagnement scientifique. Les travaux scientifiques sur la question demeurent insuffisants au vu des problèmes que pose le phénomène des incendies à la société algérienne en général et à la communauté scientifique en particulier.

L'Algérie dispose d'un important patrimoine forestier et d'une grande variété d'écosystèmes, mais compte tenu de l'énorme superficie qu'occupent le Sahara et les milieux désertiques, le couvert végétal ne représente qu'une infime partie de ce vaste territoire qu'est l'Algérie.

Ce chapitre se présente sous forme d'une synthèse bibliographique sur la problématique des incendies dans le monde, en région méditerranéenne et en Algérie, appuyée par une déclinaison des aspects qualitatifs et quantitatifs de certains paramètres liés aux incendies de forêts, mais aussi de l'aspect général de la forêt algérienne et quelques principaux problèmes qui s'y rencontrent.

## 1.1 Description biogéographique et état actuel de la forêt algérienne

L'Algérie présente une grande variété de milieux naturels, grâce notamment à sa position géographique. Sa diversité topo-morphologique a donné naissance à plusieurs types d'habitats. On y trouve des hautes montagnes, des plaines et des hauts plateaux, des dépressions salées (chotts), des lacs, des Gueltas<sup>1</sup> et le Sahara.

### 1.1.1 Principaux ensembles topographiques

Compte tenu de sa géologie, de sa lithologie et de sa topographie, l'Algérie compte quatre grands ensembles structuraux (figure 1.1), à savoir le système Tellien, les Hautes Plaines steppiques, l'Atlas Saharien et le Sahara.

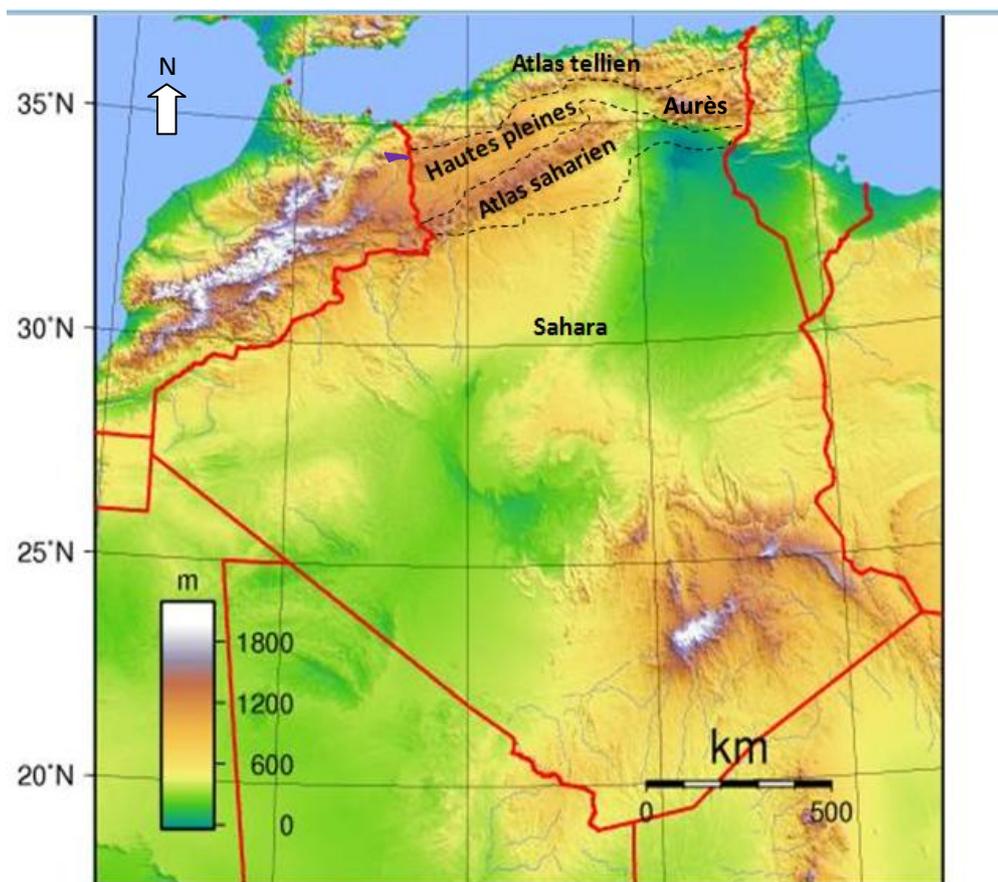


Figure 1.1 : Carte des ensembles topographiques de l'Algérie (modifiée).

([http://www.vmapas.com/Afrique/Algerie/Carte\\_Topographique\\_Algerie.jpg/maps-fr.html](http://www.vmapas.com/Afrique/Algerie/Carte_Topographique_Algerie.jpg/maps-fr.html))

#### ➤ Système Tellien

Il correspond à une succession de massifs montagneux, côtiers et sublittoraux et de plaines. On distingue le Tell occidental, le Tell central et le Tell oriental.

<sup>1</sup> Zone humide du Sahara

Le premier est constitué de massifs de hauteur moyenne et alternés, dominés par une dorsale calcaire du Jurassique et du Crétacé, ainsi que les dépressions des basses plaines oranaises et la plaine du Bas Chélif. Quant au second, il s'agit d'une chaîne de massifs qui comporte les monts du Zaccar, l'Atlas Blidéen (point culminant 1629 m) et les massifs du Djurdjura (point culminant 2308 m). La bande littorale est dominée par une grande dépression constituant la plaine alluviale de la Mitidja. Le Tell oriental, enfin, est la partie la plus montagneuse de l'Algérie, constituée de chaînes parallèles. On distingue du Nord au Sud :

- Les chaînes telliennes littorales, formées par les massifs de Collo, de Skikda et de l'Edough qui bordent la basse plaine d'Annaba. Elles sont constituées de gneiss et de granite ;
- Les chaînes telliennes externes, formées par les monts des Babors (2004 m) et les massifs de la Petite Kabylie. Elles reposent sur des socles du Jurassique et de l'Eocène ;
- Les chaînes telliennes internes, constituées par les monts du Hodna, le Belezma, les massifs des Aurès et les monts des Némémchas (NEDJRAOUI, 2001).

#### ➤ **Hautes plaines steppiques**

Elles se situent entre l'Atlas Tellien (Nord) et l'Atlas Saharien (Sud), à des altitudes relativement importantes (de 900 à 1200 m). Elles sont imprégnées de dépressions salées, chotts ou sebkhas qui sont des lacs continentaux formés au Pléistocène sous l'effet des pluies torrentielles et du ruissellement important qui en découle. Il existe deux grands ensembles :

- Les steppes occidentales, formées par les hautes plaines sud-oranaises et sud-algéroises, dont l'altitude décroît du Djebel Mzi à l'Ouest (1200 m) à la dépression salée du Hodna au centre ;
- Les steppes orientales à l'Est du Hodna, sont formées par les hautes plaines du sud-constantinois. Ces dernières sont bordées par le massif des Aurès et des Némémchas.

#### ➤ **Atlas Saharien**

C'est une succession de reliefs qui se dressent d'Ouest en Est et forment une ligne bordant le Sahara, avec des altitudes variables. Il est constitué à l'Ouest par les monts d'Amor, d'Ouled Nail et des Zibans. A l'Est, il est formé par les monts de Tébessa, la dorsale tunisienne et une partie des massifs des Aurès et des monts des Némémchas. Le pic de Chélia (2 328 m), dans la région des Aurès, représente le point culminant.

#### ➤ **Sahara**

Le Sahara est en quelque sorte une vaste barrière qui sépare le domaine méditerranéen au Nord du domaine tropical au Sud. Il est constitué de plateaux (hamadas et tassili) avec

comme point culminant le massif volcanique du Hoggar (3000 m), de plaines désertiques (regs et ergs) et de dépressions (Sebkhas et Gueltas).

Les différentes formes géologiques du Sahara algérien peuvent se résumer ainsi :

-les hamadas et les tassilis sont d'imposants plateaux rocheux calcaires de forme tabulaire, à sols squelettiques surplombant les vallées des oueds. Le Tassili des *Ajjers* à lui seul couvre 350 000 km<sup>2</sup> ;

-les regs sont des surfaces plates de cailloux et de graviers de formes variées, résultant d'une conséquente érosion éolienne des horizons superficiels du sol ;

-les ergs sont des dépôts sableux qui forment de grandes dunes. L'Erg occidental long de ses 500 km couvre une surface d'environ 100 000 km<sup>2</sup> et fait partie des grands ensembles dunaires sahariens ;

-les dépressions sont soit salées (chotts et sebkhas), soit peu ou pas salées où s'accumulent les eaux de ruissellement (dayas) (NEDJRAOUI, 2001).

### **1.1.2 Régions forestières**

Compte tenu de l'hétérogénéité des facteurs bioclimatiques et géomorphologiques, six régions forestières relativement homogènes peuvent être distinguées en Algérie, sachant que toutes les forêts se situent dans sa partie nord. Le relief et les précipitations abondantes de cette partie sont les deux principales conditions de la présence des forêts. Elles se déclinent de l'Ouest vers l'Est comme suit :

- la région oranaise ou le Tell occidental, qui se trouve à l'ouest (Tlemcen, Ain Témouchent, Oran, Mascara, Mostaganem, Relizane et la partie nord de Sidi Bel Abbès). Elle est caractérisée par un bioclimat semi-aride avec comme essence principale le pin d'Alep en association avec le thuya (*Tetraclinis articulata*) et le genévrier de Phénicie (*Juniperus phoenicea*). Retenons aussi une présence notable de la chênaie mixte à Tlemcen ;

- la région englobant l'Ouarsenis, l'Atlas Blidéen et l'Algérois (Tell central) sur la côte méditerranéenne, est limitée au Sud par les hauts plateaux. Sous un bioclimat sub-humide (700 à 1000 mm/an), le paysage forestier de cette région est composé essentiellement de pins d'Alep, de Chênes verts et de Chênes-lièges ;

- la région de Kabylie au Nord-Est est sous un bioclimat humide et sub-humide (de 700 à plus de 1000 mm/an). On y trouve la plupart des suberaies (*Quercus suber*) ainsi que les principaux peuplements de Chêne zeen (*Quercus faginea*), de Chêne afarés (*Quercus afares*) et de pin maritime (*Pinus pinaster*). Le Cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica*) est localisé au niveau du Djurdjura et des Babors ;

- la région des plateaux constantinois et du massif des Aurès (monts du Hodna, Belezma et monts des Nememchas) située au Sud-Est de la région de Kabylie, est caractérisée, essentiellement, par un bioclimat semi-aride (500-700 mm/an). Le Pin d'Alep est l'essence dominante de la région. Le cèdre de l'Atlas se rencontre dans l'Aurès et dans les Monts du Hodna (Bou-Taleb, Rhigha, Dahra, Guetiane...);
- la région des massifs de Collo, de Skikda et de l'Edough borde la basse plaine d'Annaba qui s'ouvre sur la mer méditerranée et où se trouvent les deux plus grandes zones humides d'eau douce, le lac Tonga et le lac Oubeïra. C'est une région humide à sub-humide (de 700 à 1000 mm/an) où domine naturellement le Chêne-liège. Elle borde les Hauts Plateaux algéro-tunisiens au Sud (Guelma, Souk Ahras et Tébessa), à bioclimat semi-aride à aride (300-700 mm de précipitation/an) où domine *Pinus halepensis* plus ou moins mélangé à *Quercus rotundifolia* ;
- la dernière région concerne l'Atlas saharien qui constitue la ligne de relief bordant le Sahara au Sud. Sous l'influence d'un climat aride (300-500 mm/an), cette région est occupée principalement par le pin d'Alep (individus souvent rabougris), le chêne vert et le Genévrier de Phénicie (MADOUI, 2003).

Ces milieux appelés également biotopes recèlent une importante richesse floristique. Une grande partie de cette flore a été explorée et répertoriée dans le cadre des travaux de QUEZEL et SANTA (1962-1963).

L'Algérie possède une des flores les plus diversifiées et les plus originales du bassin méditerranéen. Cette flore compte 3 139 espèces végétales réparties dans près de 150 familles parmi lesquelles 635 espèces sont endémiques, soit un taux d'endémisme d'environ 12,6 % (KAZI TANI et *al.*, 2010).

La couverture forestière propre représente moins de 1 % de la superficie totale nationale, c'est-à-dire 2 198 000 ha dont 1 800 000 ha sont fortement dégradés.

Cependant, grâce au reboisement pratiqué depuis plusieurs années, la couverture végétale totale (forêt, maquis et broussaille<sup>2</sup>) est actuellement aux alentours de 4 100 000 hectares (tableau 1.1). Ce chiffre n'est pas stable, il varie d'une année à une autre, il peut augmenter comme il peut baisser en fonction du rapport entre la perte et le gain en matière de surface boisée.

---

<sup>2</sup>Ligneux bas, formé par des arbustes et de jeunes arbres de moins de deux mètres (chêne Kermès, arbousier, ...) il constitue l'essentiel de la garrigue et du maquis.

Le taux de boisement du Nord de l'Algérie avoisine 16,4 %, alors qu'il n'est que de 1,7 % si on prend en considération tout le territoire national.

La forêt dite « naturelle » (hors reboisement) constitue environ 36,1 % (tableau 1.1) de la couverture totale (DGF<sup>3</sup>, 2007).

**Tableau 1.1 : Surfaces occupées et localisation des essences forestières en Algérie**

Essence	Surface occupée (ha)	Taux (%)	Localisation
<b>Pin d'Alep</b>	881 000	21,5	Zones semi-arides
<b>Chêne-liège</b>	230 000	5,6	Nord Est
<b>Chêne zeen et afares</b>	48 000	1,2	Nord Est (les milieux frais)
<b>Les cèdres</b>	16 000	0,4	Tell central et les Aurès
<b>Pin maritime</b>	32 000	0,9	Nord
<b>Les Eucalyptus</b>	43 000	1,2	Nord
<b>Chêne vert, Thuya et Genévrier</b>	219 000	5,4	Zones semi-arides
<b>Reboisement de protection</b>	727 000	17,8	Barrage vert et autres zones
<b>Maquis et broussailles</b>	1 876 000	45,8	Distribution large
<b>Total</b>	<b>4 071 000</b>	<b>100</b>	

Source : DGF, 2007

La répartition spatiale des forêts en Algérie et le rapport surface végétale / surface terrestre nous renseignent sur une distribution irrégulière de la végétation ligneuse. La végétation se concentre plus au Nord avec des formations ligneuses de tailles très variables. Ces formations présentent des compositions floristiques, des densités et des structures qui varient d'une région à une autre. Selon le FOSA<sup>4</sup> (2001) « *Les grands traits caractérisant la forêt algérienne peuvent se résumer comme suit : une forêt essentiellement de lumière, irrégulière, avec des peuplements feuillus ou résineux le plus souvent ouverts, formés d'arbres de toutes tailles et de tous âges en mélange parfois désordonné, présence d'un épais sous-bois composé d'un grand nombre d'espèces secondaires limitant la visibilité et l'accessibilité et favorisant la propagation des feux, avec une faiblesse du rendement moyen en volume ligneux, l'existence d'un surpâturage important (surtout dans les subéraies) et l'empiétement sur les surfaces forestières par les populations riveraines* »

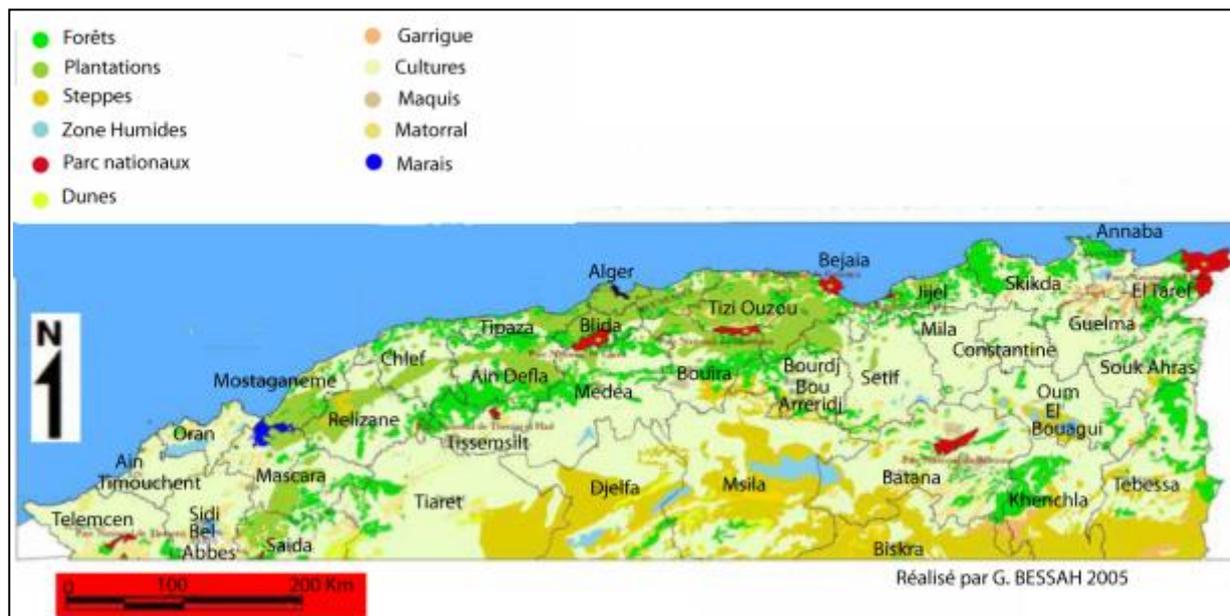
<sup>3</sup> Direction générale des forêts

<sup>4</sup> Forest Outlook Study for Africa

Il y a dans cette présentation des indications qui renseignent sur le degré de fragilité de la forêt algérienne et de sa prédisposition au feu. La forte pression des incendies est, sans nul doute, le principal facteur de sa dégradation. Toutefois, il existe quelques exceptions locales où les forêts brûlent très rarement, car elles sont plus ou moins protégées comme c'est le cas, dans les réserves naturelles mais elles ne sont pas représentatives de l'état général de la forêt algérienne.

La forêt algérienne est fortement conditionnée par un climat où la sécheresse est un facteur qui freine son évolution. Elle subit de nombreux incendies qui la transforment en maquis et en broussaille. Les systèmes forestiers algériens sont perturbés de façon permanente à cause de l'effet négatif de l'homme, des animaux et d'un climat particulier (MISSOUMI *et al.*, 2002).

A l'observation de la figure 1.2, qui illustre la répartition des différents écosystèmes du Nord algérien, la végétation forestière se concentre plus dans la partie centrale proche du littoral, elle est de moindre importance dans la partie est (région constantinoise) et ouest (région oranaise).



**Figure 1.2 :** Carte des principaux écosystèmes du Nord algérien (DGF, 2007)

Cette régression est causée notamment par la périodicité très courte du retour des incendies qui engendrent une dynamique régressive de la végétation et constitue le plus grand problème actuel dans les pays à climat méditerranéen (FLEUR, 2003).

Le tableau ci-après est une illustration de la phase régressive dans laquelle se glisse la forêt algérienne.

**Tableau 1.2** : Évolution de la surface forestière des principales essences depuis 1955 (KHALIFI *et al.*, 2002 *in* MADOUY, 2003 ; DGF, 2007) actualisé.

Essences forestières (source)	1955 (Boudy)	1985 (Seigue)	1997 (Ghazi <i>et al.</i> )	2000 (RNE)	2007 (DGF)
<b>Pin d'Alep</b>	852 000	855 000	800 000	881 000	881 000
<b>Chêne-liège</b>	426 000	440 000	463 000	229 000	230 000
<b>Chêne-vert</b>	679 000	680 000	354 000	219 000	108 000
<b>Chêne-zeen et afarès</b>	-	67 000	65 000	48 000	48 000
<b>Genévriers</b>	279 000	-	217 000	-	-
<b>Thuya de Berberie</b>	157 000	160 000	143 000	-	124 000
<b>Cèdre de l'Atlas</b>	45 000	30 000	12 000	16 000	16 000
<b>Pin maritime</b>	-	12 000	38 000	32 000	31 000
<b>Sapin de Numidie</b>	-	300	-		-
<b>Maquis</b>	780 000	-	-		1 902 000

Le maquis a gagné en surface sur la forêt, plus du double de sa surface initiale depuis 1955 à nos jours. La présentation générale de la forêt algérienne effectuée par la FOSA en 2001 rend compte que cette dernière semble rentrer dans une phase régressive avec la dégradation de ses essences principales et de son remplacement par le maquis et les broussailles dont le rôle reste néanmoins extrêmement important dans la stabilisation des sols en terrains à forte déclivité. D'après MISSOUMI *et al.*, (2002), le maquis gagne en moyenne chaque année 25 000 ha sur la forêt.

L'important volume annuel des précipitations ainsi que la douceur des températures hivernales sont les deux facteurs qui favorisent une présence massive de la végétation au niveau des forêts de la partie nord proche du littoral. Toutefois, la longueur de la saison sèche, qui coïncide avec la hausse des températures en été, freine le développement de cette végétation. Tandis qu'en allant vers le Sud, l'effet de continentalité se fait sentir, les précipitations s'amenuisent et les températures s'élèvent et constituent un facteur écologique limitant l'installation d'une flore développée et l'adaptation n'est possible qu'aux espèces ayant la faculté de résister aux conditions extrêmes.

La concentration de la végétation, en général, et de la forêt en particulier dans la partie nord du pays coïncide avec une forte concentration de la population et de l'habitat, ce qui expose

directement les espaces naturels à une forte pression anthropique car 96 % de la population algérienne est concentrée dans les villes de la partie nord du pays.

L'extension urbaine et la multiplication des constructions anarchiques dans les espaces ruraux ont accentué les agressions contre les milieux dits naturels. Cette situation s'est aggravée durant les années 1990 à cause de l'instabilité institutionnelle de l'Algérie. C'était une conjoncture qui a ouvert la voie à tous les excès en matière d'occupation du sol et de l'exploitation des ressources forestières.

Depuis fort longtemps, cette flore subit des actions néfastes, et la surface forestière en Algérie est en constante régression et il faut, encore, plusieurs années d'efforts pour réparer les destructions provoquées dans les deux dernières décennies et réconcilier l'homme algérien avec son milieu forestier.

## **1.2 Risques majeurs en Algérie**

La société algérienne a subi plusieurs phénomènes naturels qui ont pris une ampleur catastrophique. Le risque sismique et le risque d'inondation sont les deux principaux risques qui ont engendré, dans le passé récent, plusieurs dégâts matériels et humains dans le Nord algérien. Les inondations touchent également des villes dans le Sud du pays avec à la sortie plusieurs victimes. La mémoire du risque chez les algériens s'articule autour de ces deux phénomènes et beaucoup moins sur le risque d'incendie de forêt, car en général, ce dernier ne touche pas directement les populations et fait rarement des victimes parmi les hommes et concerne en premier lieu les écosystèmes forestiers. Le risque d'incendie de forêt constitue, avec le risque de sécheresse et le risque de désertification, un problème crucial qui touche plusieurs régions d'Algérie mais sans grand impact sur la société, d'où la nécessité d'un important travail de sensibilisation auprès du public sur ces risques.

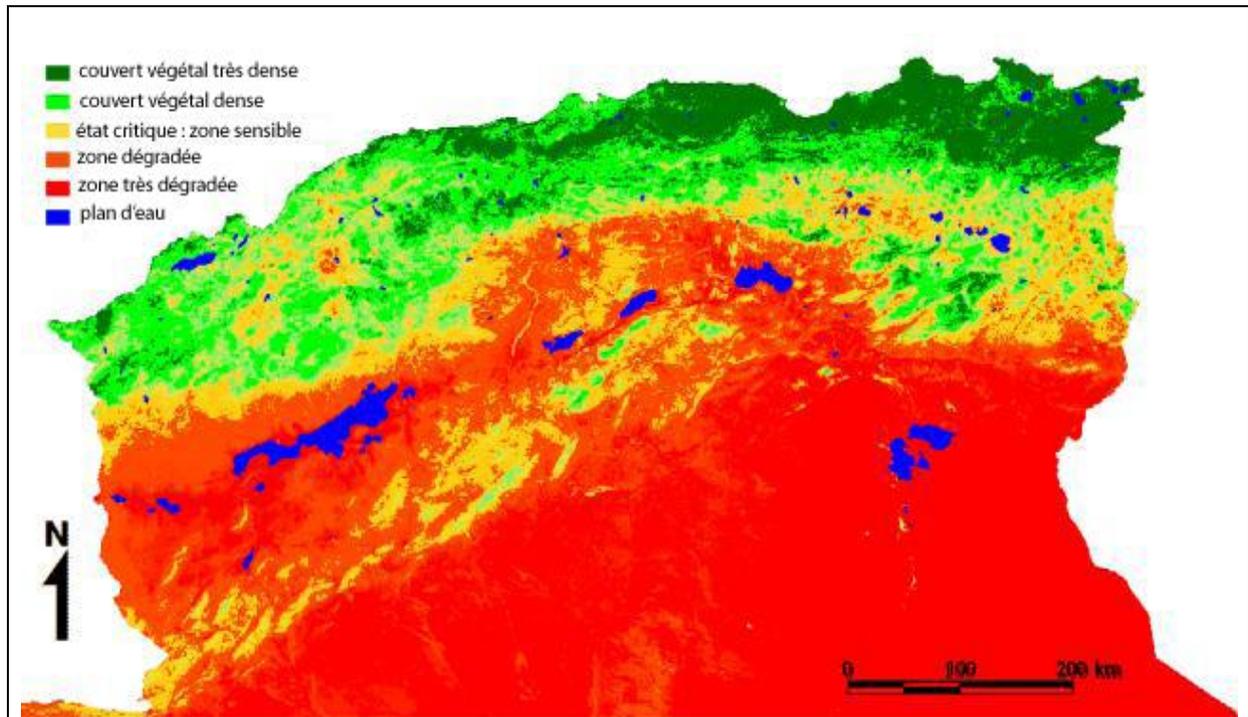
## **1.3 Désertification**

Le désert avance d'une manière très significative ; les sables envahissent annuellement en moyenne 30 000 ha du couvert végétal et prédisposent ces milieux à la désertification, qui s'accélère à cause de l'aridité du climat et de la dégradation des écosystèmes steppiques.

Ce risque demeure inquiétant et menace sérieusement les moindres espaces agricoles de la zone steppique et jusque dans le Nord algérien, comme l'illustre bien la carte de sensibilité à la désertification dans la figure 1.3.

L'ensablement des terres engendre un exode des populations sédentaires qui aggrave le phénomène de désertification. Face à ce risque, l'État se mobilise avec la mise en place d'un

programme de reboisement d'environ 25 000 ha/an, la construction de nouveaux barrages d'eau et l'encouragement de l'agriculture saharienne.



**Figure 1.3:** Carte de sensibilité à la désertification

*Source:* M. Benslimane, A. Hamimed, W. El Zerey, A. Khaldi et K. Mederbal, 2008

#### 1.4 Sécheresse

La sécheresse est l'un des facteurs qui menace en permanence l'agriculture et les écosystèmes naturels en Algérie. L'augmentation des besoins en eau des populations, le faible volume des précipitations et les difficultés liées à l'exploitation des eaux souterraines aggravent le phénomène. Des études (NEDJRAOUI et *al.*, 2008) ont bien montré une diminution de 18 à 27 % de la pluviométrie dans la zone steppique sur une période de près d'un siècle (1907-2003). Malgré la mobilisation de quelques 2 milliards de m<sup>3</sup> d'eau à travers la construction de plusieurs barrages qui captent les eaux de surface, les quantités d'eau restent insuffisantes et ne répondent pas aux besoins en eau pour les différents usages domestiques, industriels et agricoles. Environ 380 m<sup>3</sup>/an/ habitant sont mobilisés actuellement pour une population qui dépasse 35 millions d'habitants, ce qui classe l'Algérie parmi les pays les plus pauvres en eau.

La sécheresse est, donc, parmi les risques majeurs qui guettent l'Algérie, elle est directement mise en cause dans la problématique de désertification. Les solutions qui s'offrent ne sont pas

nombreuses et la conjugaison des deux risques de sécheresse et de désertification complique davantage la lutte contre l'avancée du désert.

### **1.5 Risque d'incendie de forêt**

Le risque d'incendie de forêt en Algérie est géré par la direction générale des forêts (DGF), qui relève du Ministère de l'agriculture; en collaboration avec les services de la météorologie, de la protection civile, de l'ensemble des collectivités locales et tout récemment avec l'agence spatiale algérienne (ASAL). Il existe, donc, un plan de prévention et de lutte contre les incendies de forêt coordonné et exécuté, annuellement, par les différents services impliqués. Les possibilités d'une réponse rapide et efficace contre l'incendie sont, au préalable, étudiées et fixées, avec la mise en place des effectifs et des moyens disponibles pour intervenir et circonscire le feu avant qu'il n'atteigne certaines proportions, sachant qu'un travail de prévention se fait en amont. A partir du début du printemps, les services forestiers se déploient sur le terrain pour entreprendre des actions d'information et de sensibilisation en direction de la population afin de l'associer dans le processus de prévention contre les incendies. La direction des forêts prend, également, en charge la réalisation des aménagements forestiers susceptibles de limiter au maximum le nombre de départs de feux et leur propagation. C'est aussi la préparation de la campagne estivale, car c'est la période la plus dangereuse en termes d'incendies de forêts. La stratégie de gestion de ce risque est basée sur la rapidité de la réponse des secours à un quelconque départ de feu. Des postes de vigie sont installés dans des forêts, mais plusieurs d'entre eux sont toujours inaccessibles à cause de l'insécurité.

La surveillance est très efficace car elle permet de donner l'alerte à la moindre petite fumée qui s'échappe et permet aussi une intervention optimale des services de secours. De cette manière, plusieurs feux seront étouffés avant d'atteindre une superficie supérieure à un hectare, en effet, à ce stade, il y a encore la possibilité de concentrer les moyens sur le point de départ, et au-delà de cette superficie, plusieurs fronts s'ouvrent et il devient difficile de contenir la situation.

Malgré le renforcement de certains dispositifs de prévention et de lutte contre l'incendie, on n'arrive, toujours, pas à réduire significativement le nombre de départs de feux, mais quelques progrès sont réalisés concernant les pertes en surface végétale.

Avec les différents changements environnementaux qui peuvent intervenir à long terme et dans le but de maîtriser le risque d'incendie de forêt, il est judicieux d'adapter en permanence

les stratégies de lutte aux réalités du terrain. Car, en cas de survenance de plusieurs incendies dans un court intervalle de temps, de l'ordre de quelques heures en plusieurs endroits, il serait impossible d'être présent partout au même moment, surtout avec l'augmentation du nombre moyen d'incendies de forêts depuis les années 1980, et cela ne fera qu'user et épuiser les personnes en charge de cette délicate mission sans résultat probant.

Il est probable que la logique « de la lutte à tout prix » ou de « guerre déclarée au feu » soit remplacée par la logique de « priorité » et de « brûlage contrôlé » en amont lorsque cela est possible, surtout avant l'été, car le feu n'a pas que de mauvaises conséquences sur les formations végétales. En outre, une consolidation du rôle de la société dans ce fléau peut s'avérer salvateur pour la forêt, mais cette stratégie nécessite aussi une très sérieuse prise en compte de la dimension sociétale du risque incendie de forêt pour limiter les éclosions.

Par ailleurs, en France le risque météorologique d'incendie de forêt est géré par Météo France, qui fournit des données quotidiennes plus précises sur les endroits à risque potentiel de départ de feux pour les forestiers, les gendarmes et les pompiers (risque quotidien). Ces derniers se déploient sur le terrain pour renforcer la surveillance et se préparer à tout éventuel départ de feu et optimiser, ainsi, le volet opérationnel de la lutte contre les incendies de forêts. Un travail préventif très important se fait en amont dans le cadre du PPR (Plan de Prévention des Risques naturels), avec l'élaboration d'un plan de zonage du risque d'incendie qui inclue tous les endroits qui présentent un risque de départ et de propagation du feu avec des niveaux de risques différents et d'un plan de travaux obligatoires, qui ont pour but de limiter le risque de départ et de propagation et offre la possibilité d'accès aux services de secours. Ce plan est mis en œuvre par la collaboration de l'ensemble des acteurs territoriaux qui s'appuient sur différentes réglementations. Cela peut être plus efficace sur le plan opérationnel car on connaît à l'avance la zone qui présente un plus grand risque d'éclosion. En attendant les résultats, cette méthode est en cours d'expérimentation en Algérie par l'installation de la première station météorologique dédiée aux feux de forêts dans la région de Ghazaouat. Cette installation donnera des informations météorologiques en temps réel, notamment sur la température au niveau du sol et des feuillages des arbres, sur la pluviométrie, l'hygrométrie et sur la vitesse du vent dans la zone couverte.

## 1.6 Les feux de forêts : un problème universel

Les incendies de forêts apparaissent dans tous les continents du monde et touchent même les régions froides, mais leur fréquence et leur intensité varie dans l'espace et à travers le temps. Les années 1990 ont été particulièrement marquées par de graves incendies, 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, provoquant la perturbation de la navigation aérienne et maritime, et engendrant de graves problèmes sanitaires (FAO<sup>5</sup>, 2009 *in* BEKDOUCHE, 2010).

Parmi les incendies les plus spectaculaires qui ont marqué la période récente, il y a lieu de citer celui de la montagne de Grand Xingan en Chine en 1987 qui a brûlé 870 000 ha de végétation et a fait 65 092 sinistrés parmi la population et le feu du parc naturel de Yellowstone en 1988 aux U.S.A qui a eu pour conséquence la destruction de 45 % de la superficie forestière du parc (LICHTMAN, 1998 *in* YIJIE et *al.*, 1998). Ajoutons à ceci l'épisode caniculaire de l'été 2010 en Russie, où plusieurs centaines de feux ont plongé sept entités fédérales dans un climat de catastrophe et d'état d'urgence. Une situation qui a nécessité, selon le ministère des situations d'urgence russe, la mobilisation de plus de 155 000 hommes, mais le bilan était très lourd avec 52 victimes et la destruction de près de 800 000 ha du couvert végétal.

Les incendies provoquent la destruction d'environ 10 millions d'hectares de forêts proprement dites à travers le monde (SACQUET, 2006) et lorsque les incendies se répètent dans les mêmes endroits avec une courte périodicité, ils entraînent une perte de la biodiversité et la destruction des biotopes.

En effet, au niveau mondial, 350 millions d'hectares d'espaces naturels sont affectés par des feux chaque année, ce qui représente 9 % de la superficie totale des forêts et des zones non forestières, tels que la savane, la brousse et les parcours de la planète, avec des conséquences désastreuses aussi bien sur les hommes que sur les animaux et d'importantes pertes économiques (FAO, 2007).

Une enquête réalisée par la commission européenne de télédétection conclut que, durant l'année 2000, l'Afrique a totalisé 230 millions d'hectares détruits, soit 7,7 % de la surface totale du continent. Ce qui représente 64 % de la surface mondiale ravagée par les incendies. Cette estimation a été confirmée par la FAO (2009) qui a avancé qu'en 2004 la surface brûlée

---

<sup>5</sup> *Food and Agriculture Organisation*

représentait 7,8 % de la superficie totale du continent noir. Les régions les plus touchées par ces incendies sont le Nord de l'Angola, le Sud de la république démocratique du Congo, le Sud du Soudan et la République Centrafricaine (BEKDOUCHE, 2010). Avec un tel préjudice, l'Afrique détient le triste record du monde en matière d'incendies de forêts (KOUROUS, 2006 *in* BEKDOUCHE, 2010). Ces quelques données montrent, à elles seules, le caractère dangereux et catastrophique que peuvent prendre les incendies à travers le monde.

Les efforts de la recherche scientifique dans le domaine des incendies de forêts sont orientés vers l'analyse des différentes composantes environnementales qui influent directement ou indirectement sur l'apparition et le développement des incendies, afin d'aboutir à des solutions qui permettent d'endiguer le phénomène de façon durable. Néanmoins, une part très importante des feux n'est pas suffisamment documentée et les inventaires existants sont peu fiables. Il n'existe aucun inventaire complet des feux de forêts survenus dans le monde (IRIN<sup>6</sup>, 2012). Toutefois, d'après la base des données internationale sur les catastrophes de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), il y a quelques 2 000 personnes tuées et 49 milliards de dollars perdus dans 339 grands incendies depuis 1970, ce qui fait des feux l'un des phénomènes les plus catastrophiques au monde, mais aussi l'un des plus complexes et des plus difficiles à gérer. Avant la révolution industrielle, près de la moitié des terres immergées de la planète étaient couvertes de forêts. Cependant, le taux de recouvrement des surfaces terrestres a sensiblement diminué, il est actuellement estimé à environ 30 % de la superficie terrestre (4 milliard ha) (FAO, 2010).

Dans les pays en développement, la couverture forestière a diminué de 10 % depuis 1980 et devrait diminuer encore de 10 % d'ici à 2020 (OCDE<sup>7</sup>, 2001).

En Méditerranée le feu fait partie, depuis des milliers d'années, du fonctionnement des écosystèmes forestiers; il a largement contribué au façonnement des paysages et a favorisé l'installation de nombreuses espèces caractéristiques des milieux dégradés (FLEUR, 2003).

En effet, la majeure partie de la végétation ligneuse a, largement, été modifiée dans sa structure et sa composition à cause des coupes intensives et répétitives et par la pratique du feu. Cette modification paysagère largement attribuée au feu, est aussi le résultat d'un climat particulier, de la position topographique et de milliers de siècles d'activité humaine (TRABAUD et GALTIE, 1996 *in* MOUILLOT et *al.*, 1998).

---

<sup>6</sup> *Integrated Regional Information Networks*

<sup>7</sup> *Organisation de Coopération et de Développement Économique*

En effet, au fil du temps et des variations démographiques, les pratiques de défrichage et de surpâturage ont beaucoup dégradé le couvert végétal. VERDEAUX (1999) estime que sur la rive sud de la Méditerranée, la forêt connaît une importante phase régressive et que le Maghreb et le moyen orient ont perdu plus de la moitié de leurs forêts depuis l'antiquité. Plus de dix millions d'hectares ont été défrichés depuis le début de la période historique jusqu'à la fin de la seconde guerre mondiale (BOUDY, 1948). LE HOUEROU (1980), évalue ce chiffre à plus de quinze millions d'hectares (MADOUI, 2002).

La plupart des feux allumés étaient destinés à des fins agricoles et pastorales, mais le besoin incessant en terres fertiles et à meilleur rendement, demeure la motivation principale de la mise à feu. Le feu était, alors, associé à l'essartage et à l'écobuage (KUNHOLTZ-LORDAT, 1938, 1958 *in* MADOUI, 2002).

En revanche, le feu est l'un des facteurs écologiques les plus importants dans l'élaboration des communautés végétales méditerranéennes et des paysages (NAVEH, 1990 *in* ZIPOLI *et al.*, 1998). C'est aussi l'avis de plusieurs auteurs qui ont confirmé que le feu joue un rôle prépondérant dans la dynamique et le fonctionnement des communautés végétales méditerranéennes (NAVEH 1975 ; TRABAUD 1991 ; PAUSAS *et* VALLEJO 1999 ; NASI *et al.*, 2002 ; QUÉZEL *et* MÉDAIL, 2003, *in* OULMOUHOU *et al.*, 2007).

Les incendies constituent un facteur de dégradation commun à l'ensemble des pays de la Méditerranée sans distinction. Il n'y a que leur ampleur qui varie d'un pays à un autre. Malgré le nombre important d'incendies qui touche les pays du Sud de la Méditerranée, ils sont loin d'atteindre les niveaux observés dans les pays de la rive Nord. Le Portugal, l'Espagne, l'Italie et la Grèce enregistrent des pertes annuelles de plusieurs centaines de milliers d'hectares de forêt. La Grèce est sévèrement touchée par les incendies comparée aux autres pays de la rive européenne (DIMITRAKOPOULOS, 1994).

En Europe, les pays les plus touchés par les incendies sont ceux du Sud avec un record pour le Portugal qui voit sa couverture végétale dévastée régulièrement. En effet, rien que pour les années 2003 et 2005, 750 000 hectares de forêt sont partis en fumée (SILVA *et* CATRY, 2006, *in* BEKDOUCHE, 2010).

Une estimation fait ressortir qu'environ 50 000 incendies ravagent chaque année entre 700 000 et 1 million d'hectares de forêt méditerranéenne. Le problème des incendies de forêts s'est fortement aggravé entre 1970 et 1980, tant du point de vue de la fréquence que de la superficie détruite (Options méditerranéennes, 1999).

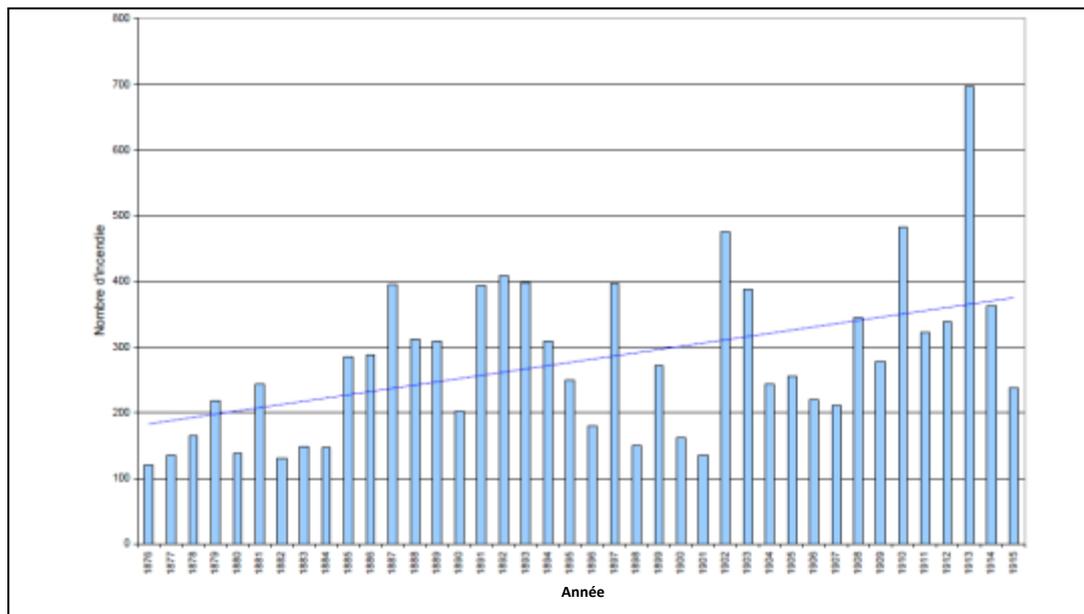
L'union européenne apporte son soutien depuis les années 1980 aux efforts déployés pour la prévention et la lutte contre les feux, qui peuvent dangereusement affecter les différentes fonctions développées par les forêts, du point de vue économique, écologique et social (SANMIGUEL-AYANZ et *al.*, 2001, *in* BEKDOUCHE, 2010). Malgré cet appui les incendies continuent à sévir sur le continent européen et emportent sur leur passage des centaines de milliers d'hectares de forêt.

### Cas de l'Algérie

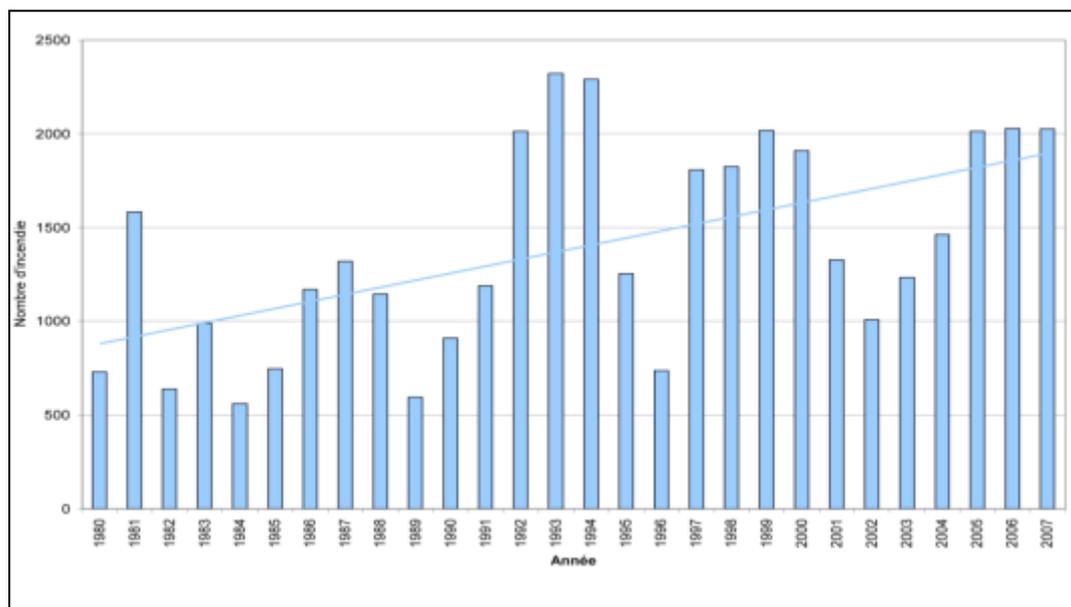
Les statistiques des incendies de forêts en Algérie, qui ont commencé vers le milieu du dix-neuvième siècle, indiquent que les incendies étaient déjà un véritable fléau. C'est le pays le plus touché par les incendies en Afrique du Nord. Vers le 14ème siècle, la surface occupée par la forêt était de 12 millions d'hectares environ. Des forêts où se rencontraient des formations au stade de futaie principalement à base de chêne, de pin, de genévrier et de Thuya. A la fin du 19ème siècle, les formations végétales couvraient encore environ 5 millions d'hectares. Cependant, il restait seulement 3,2 millions d'hectares au début des années 1960, sachant que sur cette surface, il y a plus de 50 % de maquis, garrigue et broussaille (MISSOUMI et *al.*, 2002). En quelques siècles, la forêt algérienne proprement dite a perdu près de 8 millions d'hectares, soit environ 67 % de la couverture totale.

Les différentes conquêtes qu'a connues l'Afrique du Nord avec leurs lots de guerre et de conflits, l'exploitation abusive du bois et la pratique d'un élevage incontrôlé sont, de près ou de loin, à l'origine de la dégradation de la forêt algérienne. Cependant, le feu, qui bénéficie de conditions physiques et naturelles favorables à son éclosion et à sa propagation, demeure le facteur principal de son déclin. La structure et la composition floristique où dominent des espèces résineuses accompagnées d'un sous-bois très dense, sont autant de facteurs prédisposant aux feux de forêts.

Les données disponibles en matière d'incendies de forêts en Algérie montrent que les fréquences annuelles d'incendies (figures 1.4 et 1.5) sont, en moyenne, en augmentation aussi bien pour la période allant de la deuxième moitié du 19ème siècle jusqu'à la fin de la première guerre mondiale, que pour la période récente qui correspond aux trente dernières années.



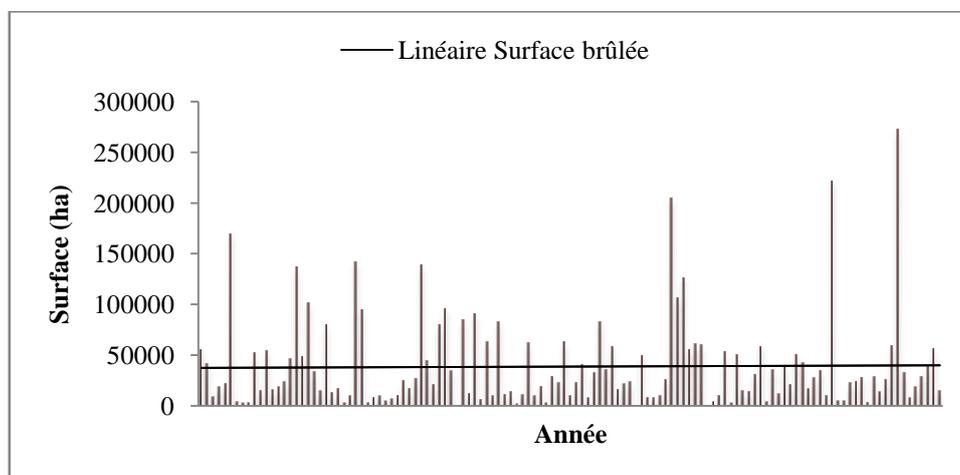
**Figure 1.4 :** Évolution annuelle du nombre d’incendies en Algérie durant la période 1876-1915 (MEDDOUR-SAHAR *et al.*, 2008)



**Figure 1.5 :** Évolution annuelle du nombre d’incendies en Algérie durant la période 1980-2007 (MEDDOUR-SAHAR *et al.*, 2008)

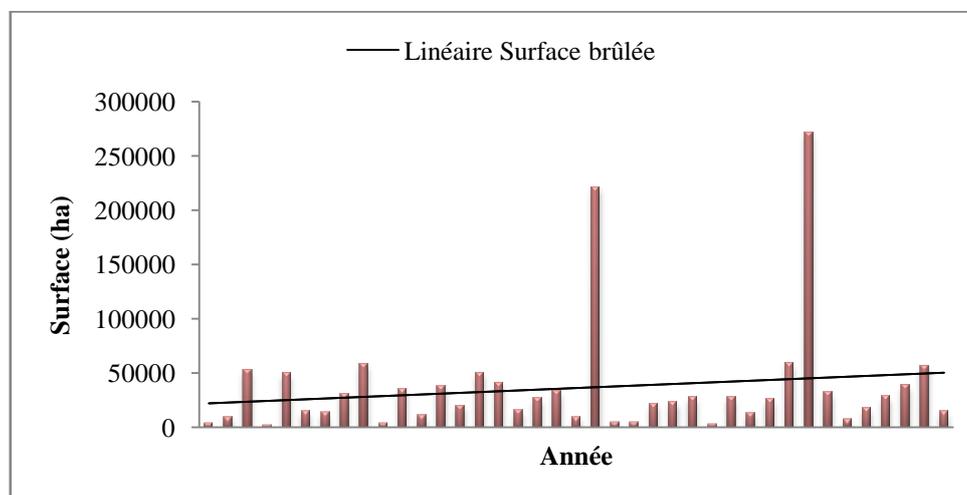
La tendance à la hausse du nombre d’incendies et des surfaces brûlées (figures 1.6 et 1.7) ne peut qu’être inquiétante. Car en plus des incendies, il y a d’autres facteurs très nuisibles à la couverture végétale en général et à la forêt en particulier. Il s’agit du pâturage intensif (surpâturage), de l’exploitation abusive et aléatoire du bois, de la prolifération du bâti et des

problèmes phytosanitaires. Il est, donc, plus que nécessaire de renforcer la lutte et la prévention contre les incendies, d'organiser les activités agropastorales, de maîtriser l'extension du bâti mais aussi de reboiser autant que possible.



**Figure 1.6 :** Évolution des surfaces incendiées en Algérie durant la période 1876-2001(MARC, 1916 ; GRIM, 1989 ; GHERBAH, 1992 ; DGF, 2001 ; in MEGREROUCHE, 2006)

Le reboisement actuel avoisine les 26 000 ha par année, ce qui reste insuffisant car la surface moyenne brûlée actuelle est estimée à 35 000 ha par an (MEDDOUR-SAHAR *et al.*, 2008).



**Figure 1.7 :** Évolution des surfaces incendiées en Algérie durant la période 1963-2001(GRIM, 1989 ; GHERBAH, 1992 ; DGF, 2001 ; in MEGREROUCHE, 2006)

Compte tenu de la faiblesse de la superficie forestière actuelle en Algérie (4,1 millions ha toutes formations confondues et reboisements inclus), les 35 000 hectares (statistiques récentes 1986-2005) qui sont détruits, en moyenne annuellement, apparaissent comme une lourde perte pour un pays qui a déjà perdu une grande partie de ses forêts, sachant que

l'élimination de la couverture végétale exposera davantage les sols au risque d'érosion et de désertification particulièrement dans les zones steppiques (MISSOUMI et *al.*, 2002).

Entre 1881 et 2006, trois décennies ont été particulièrement dramatiques en matière d'incendies de forêts. Ce sont les décennies 1911-1920, 1951-1960 et 1991-2000 pour lesquelles on a enregistré respectivement 622 571 ha, 649 970 ha et 549 240 ha.

Les statistiques disponibles nous indiquent que sur une période de 126 ans, il y a eu 4 834 874 ha de couverture végétale brûlée, soit 118 % de la superficie forestière totale.

Les années les plus désastreuses sont 1956, 1983 et 1994 avec respectivement 204 220 ha, 221 368 ha et 271 598 ha de couvert végétal détruit (Tableau 1.3).

**Tableau 1.3** : Surface forestière incendiée en Algérie 1881-2006 (ARFA, 2008)

Décennies	Superficie incendiée (ha)	Moyenne (ha)	Années les plus touchées de la décennie	
			Année	Superficie totale annuelle incendiée (ha)
<b>1881-1890</b>	353 856	35 386	1881	169 056
<b>1891-1900</b>	487 796	48 780	1892	135 574
<b>1901-1910</b>	309 889	30 989	1902	141 141
<b>1911-1920</b>	<b>622 571</b>	62 257	1913	138 191
<b>1921-1930</b>	296 262	29 626	1922	89 473
<b>1931-1940</b>	275 096	27 509	1937	61 877
<b>1941-1950</b>	280 119	28 011	1943	81 678
<b>1951-1960</b>	<b>649 970</b>	64 997	<b>1956</b>	<b>204 220</b>
<b>1961-1970</b>	233 772	23 377	1961	59 471
<b>1971-1980</b>	292 849	29 284	1971	57 835
<b>1981-1990</b>	361 391	36 139	<b>1983</b>	<b>221 368</b>
<b>1991-2000</b>	<b>549 240</b>	54 924	<b>1994</b>	<b>271 598</b>
<b>2001-2006</b>	122 063	12 206	2004	31 999
<b>TOTAL</b>	<b>4 834 874</b>	<b>38 991</b>	/	/

L'observation de l'évolution du phénomène des incendies de forêts en Algérie, à travers le temps, indique que les pics sévères du feu coïncident avec des conjonctures particulières (guerres, crises politiques, mouvements sociaux,...) :

-de 1956 à 1961 : de très grands incendies ont été enregistrés, ils sont liés à la période de guerre de libération nationale ;

-1983 : des journées de grandes canicules ont occasionné la perte de plus 220 000 ha ;

-1994 : des journées particulièrement chaudes ont occasionné des incendies importants contre lesquels l'intervention était difficile en raison de contraintes conjoncturelles d'insécurité (MISSOUMI et *al.*, 2002).

En effet, la destruction progressive du couvert forestier est imputable à des facteurs anthropiques et rarement naturels et ce malgré les efforts consentis par l'État algérien pour la réalisation d'importants programmes de sensibilisation auprès des populations.

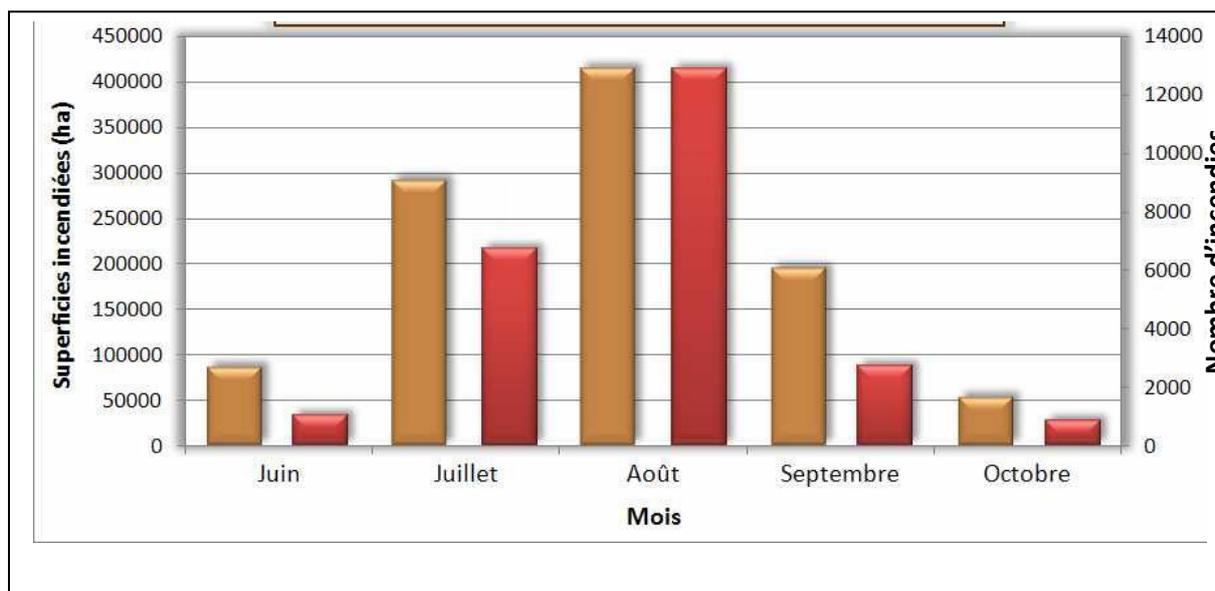
En gros, la forêt algérienne a perdu environ 1 815 000 ha entre 1850 et 1955 et 1 215 000 ha entre 1955 et 1997 (DGF, 2004 *in* ARFA, 2008).

Pour ce qui est des statistiques récentes, la forêt algérienne a perdu 1 162 484 ha entre 1979 et 2009 avec un nombre total d'incendies déclarés de 41 644. Les fluctuations sont très importantes d'une année à une autre. Les années 1983 et 1994 qualifiées d'années noires de la forêt algérienne, ont enregistré des records en termes de superficies brûlées (220 570 ha et 271 246 ha respectivement). Ces deux années, à elles seules, totalisent 491 816 ha, soit un taux de 4,31 % sur le total de la période allant de 1979 à 2009 (BEKDOUCHE, 2010).

Les conditions climatiques y sont, pour une grande part, responsables des épisodes particulièrement catastrophiques (MEDDOUR-SAHAR, 2008). En effet, l'Algérie a connu une période de sécheresse durant les années 1980, où le déficit hydrique a atteint des niveaux critiques et l'année 1994 a été particulièrement sèche. Toutefois, les conditions climatiques de la période estivale ne peuvent à elles seules expliquer le phénomène, elles sont certes un facteur favorable ou aggravant mais ne constituent pas la seule raison principale de cette augmentation. A cela s'ajoutent les événements politiques qui ont secoué le pays au début des années 1990, et qui sont de manière indirecte, responsables de l'embrasement des massifs forestiers. Aujourd'hui encore, beaucoup d'incendies sont volontairement provoqués dans un but sécuritaire (BEKDOUCHE, 2010) qui, en réalité, ont plus d'effets négatifs sur l'environnement qu'ils en ont de positifs pour le but recherché.

Les efforts déployés par l'Algérie pour inverser la tendance actuelle ou, au moins, la stabiliser à un seuil acceptable sont importants mais restent insuffisants. L'aggravation des tendances actuelles en matière d'incendies de forêts en Algérie nécessite une analyse des facteurs prépondérants dans la naissance des incendies et de leur développement, mais aussi de la périodicité des épisodes catastrophiques qui sont, certes, liés aux facteurs climatiques, mais le degré de préparation et la prise en charge en amont de certains aspects préventifs peuvent s'avérer décisifs.

Les incendies entament leur apparition à partir du mois de juin en Algérie, le phénomène s'accroît au mois d'août et s'achève vers le mois d'octobre (figure 1.8). L'été en Algérie est caractérisé par la coïncidence de la hausse des températures et l'absence quasi-totale des précipitations. Cet état climatique favorise l'éclosion d'un grand nombre d'incendies qui détruisent de grandes surfaces du couvert végétal. Le mois d'août est le plus chaud et le plus sec de l'année avec 12 903 départs de feux. La même constatation a été faite pour la superficie brûlée qui est de 413 974,83 ha, pour la période 1985-2006 (ARFA, 2008).



**Figure 1.8** : Fréquence mensuelle des incendies de forêt en Algérie (Période 1985-2006), (ARFA, 2008)

La tendance incendiaire au niveau national et régional n'est que la somme des situations locales.

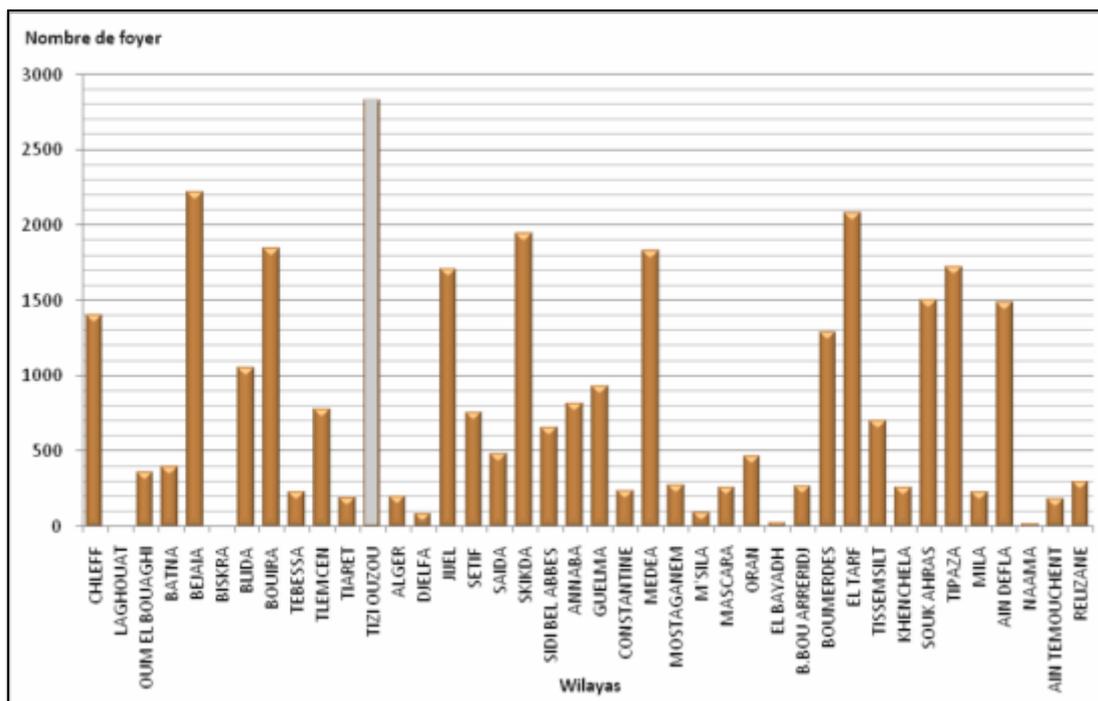
La Kabylie, région montagneuse et boisée du nord de l'Algérie connaît un nombre très élevé d'incendies de forêts par rapport à l'ensemble des autres régions d'Algérie. Cette région comporte le terrain d'étude de cette thèse, qui se situe dans la partie côtière de la wilaya de Tizi Ouzou.



**Figure 1.9 :** Wilayas de la région de Kabylie

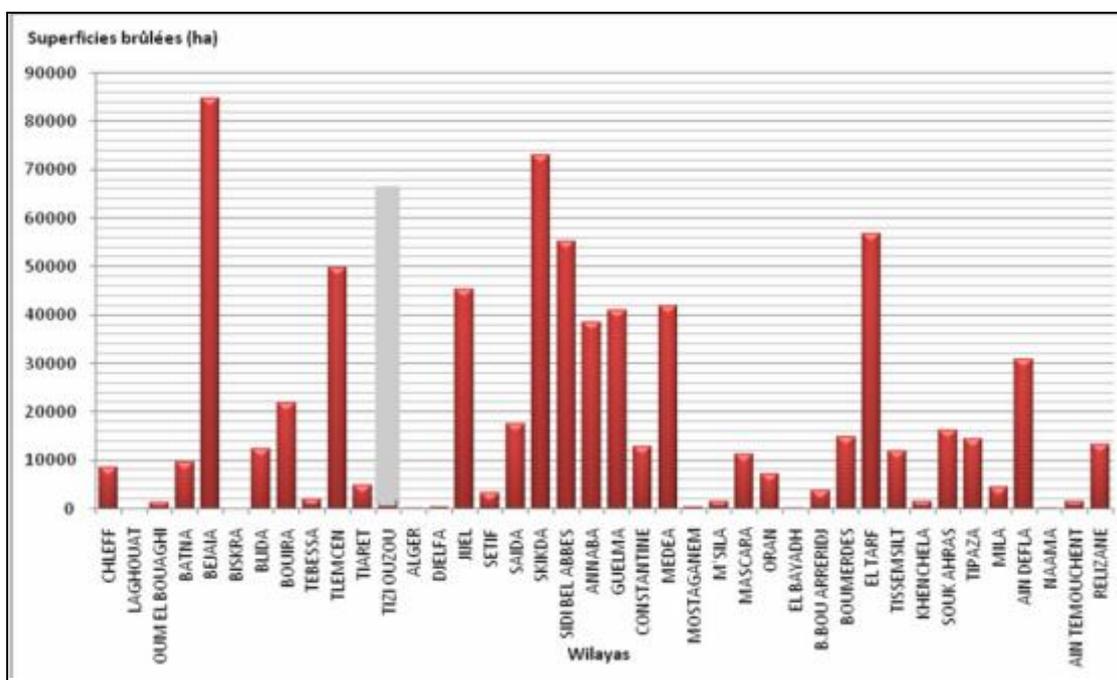
La wilaya de Tizi-Ouzou qui se trouve au centre nord de la Kabylie, enregistre annuellement une moyenne de 134 incendies avec 3181 hectares de couverture végétale détruite (MEDDOUR-SAHAR, 2010). C'est aussi la wilaya qui a enregistré le plus grand nombre d'incendies pour la période 1985-2006, c'est-à-dire 2834 incendies (Figure 1.10).

De 1985 à 2006, c'est plus de la moitié de la surface totale forestière de la wilaya de Tizi Ouzou qui a été détruite par le feu. Les forêts de cette région, constituées essentiellement de Chêne-liège, brûlent à un rythme excessif et connaissent une fragilisation quasi-permanente à cause des agressions multiples.



**Figure 1.10** : Nombre de foyers d'incendies enregistré dans la wilaya de Tizi Ouzou par rapport au reste des wilayas algériennes (1985-2006), (ARFA, 2008)

En termes de surface totale détruite, la wilaya de Tizi Ouzou avec 63 000 ha pour la période 1985-2006, se classe en troisième position juste derrière la wilaya de Skikda (73 000 ha) et la wilaya de Bejaïa (85 000 ha) tel que le montre la figure 1.11.



**Figure 1.11** : Surface incendiée dans la wilaya de Tizi Ouzou (1985-2006) par rapport au reste des wilayas algériennes (ARFA, 2008)

En matière de couverture forestière, la wilaya de Tizi Ouzou présente un taux de recouvrement avoisinant les 31,5 % de son territoire. C'est l'équivalent de 112 200 ha de couverture forestière et pré-forestière ce qui fait de la wilaya de Tizi Ouzou un territoire forestier comparée au reste des départements du pays. Cependant, la végétation forestière se concentre plus dans la partie est de la wilaya.

La figure 1.12 illustre la répartition de la superficie forestière par wilaya. La végétation forestière ne couvre pas toutes les wilayas algériennes, elle ne concerne que celles de la partie nord du pays. Elle est quasi-absente dans les wilayas du Sud.

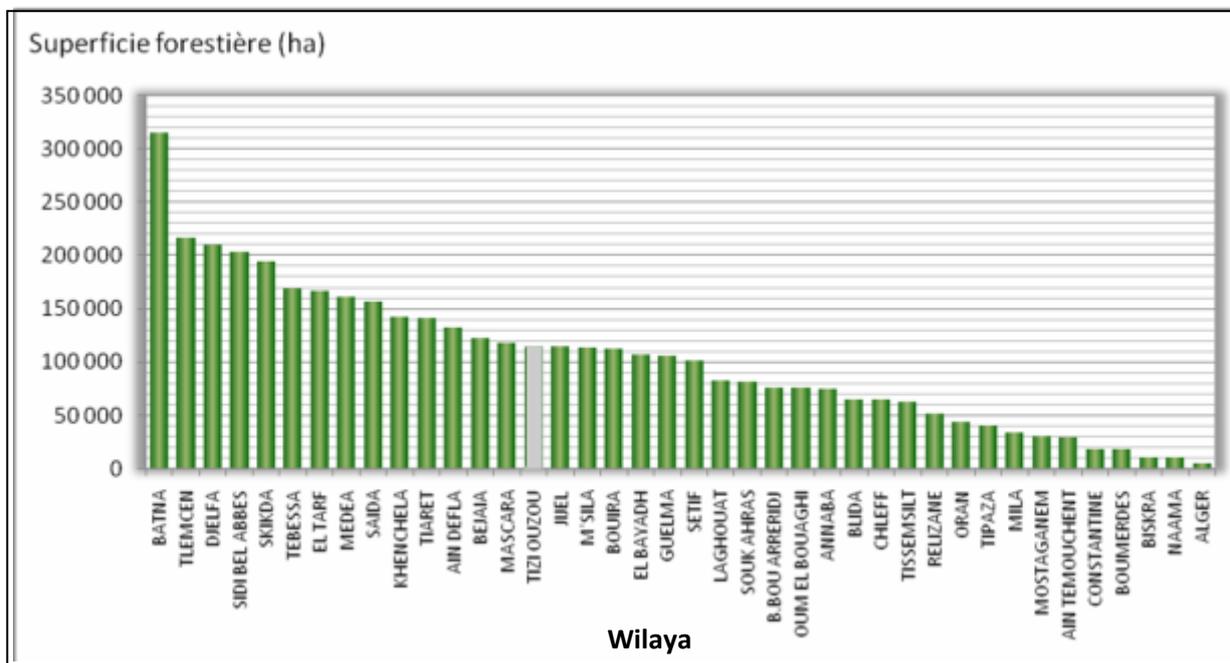


Figure 1.12 : Répartition de la superficie forestière par wilaya en Algérie (ARFA, 2008)

### 1.7 Causes des incendies de forêts en Algérie

Si l'on remonte dans le temps, on s'aperçoit que les incendies de forêts en Algérie sont essentiellement liés à des problèmes socio-économiques. En effet, dès 1900, LEFEBVRE (*in* MADOU, 2002) constate que les besoins des riverains en terre et en pâturage les ont conduits à provoquer des incendies. A cela, vient s'ajouter l'imprudence des populations qui utilisent le feu pour différentes raisons domestiques ou pour la production du charbon. Ces pratiques étaient à l'origine de plusieurs incendies de forêts qui s'étaient accrues avec l'arrivée des différentes colonisations car les populations autochtones se sont repliées vers les zones montagneuses et boisées pour la plupart. 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.

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, il est de 20,7 %. Ce chiffre reste loin de la réalité car n'inclut 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 1.4). 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 1.4** : Importance des incendies de forêts par catégories de causes en Algérie  
(Période 1986-2002)

Catégories de causes	Nombre de feux	%	Superficie incendiée (ha)	%
<b>Inconnues</b>	16 364	75,8	408 310	68,45
<b>Intentionnelles (volontaires)</b>	4 479	20,7	166 072	27,84
<b>Accidentelles</b>	232	1,07	12 527	2,10
<b>Imprudences</b>	503	2,33	9 475	1,59
<b>Total</b>	21 578	100	59 6384	100

(Source DGF, 2002)

Concernant les incendies d'origine accidentelle (involontaires), ils sont le plus souvent provoqués par les décharges ou les arcs électriques des lignes à haute tension et les différentes installations industrielles utilisant du matériel motorisé projetant des étincelles, etc., ce qui représente une infime proportion de 1,07 %. Les incendies dus aux imprudences ou à la négligence (involontaires) sont aussi moins nombreux que les incendies accidentels car ils représentent 2,33 % de la totalité des causes connues et inconnues.

En résumé, les causes connues peuvent être volontaires et regroupent les actes intentionnels et malveillants comme la pyromanie, la protestation et la vengeance ou involontaires et regroupent les imprudences, les négligences et les accidents. 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).

## **Conclusion**

L'Algérie est un vaste territoire qui compte une variété d'écosystèmes et qui est caractérisé par une grande richesse forestière et ce en dépit de la rudesse des conditions climatiques. Le nombre d'incendies ne cesse d'augmenter d'après les statistiques de la DGF pour la période 1876-2007 même si les surfaces incendiées ont tendance à se stabiliser. Toutefois, la période récente 1963-2001 présente une augmentation de la surface brûlée ainsi que le nombre d'incendies.

Il est à souligner que sur le territoire algérien, la wilaya de Tizi Ouzou, dans laquelle se situe notre terrain d'étude, présente la plus grande surface incendiée malgré que la superficie de sa couverture forestière soit inférieure à celles des autres régions forestières.

Après cet aperçu général sur l'état de la forêt algérienne et de la problématique des incendies de forêts, une étude de cas est envisagée en Kabylie maritime qui constitue notre terrain d'étude auquel sera consacré le prochain chapitre.

## **CHAPITRE 2**

### **Présentation du terrain d'étude**

La Kabylie, l'une des régions géographiques du nord algérien, se caractérise par un été particulièrement long (4 mois), sec et chaud. Elle connaît annuellement une forte proportion d'incendies comparée au reste des régions algériennes et c'est sa partie maritime (Kabylie maritime) qui supporte la plus grande part de cette pression incendiaire.

En effet, les communes littorales de la wilaya de Tizi Ouzou, caractérisées par une importante couverture forestière, subissent annuellement un lourd préjudice en matière d'incendies de forêts.

En plus de sa végétation riche et variée, la Kabylie maritime présente une topographie tourmentée, ce qui constitue une condition favorable à la naissance et au maintien des feux pendant la saison estivale. Ces feux fragilisent davantage l'équilibre entre les ressources végétales disponibles et les besoins incessants des habitants en matière de bois. C'est l'une des raisons principales de l'amointrissement de la végétation, en plus des coupes abusives du bois, de surpâturage, de l'urbanisation et de la multiplication des décharges sauvages.

La présentation du terrain d'étude permet de situer géographiquement cette région et de connaître ses différentes caractéristiques climatiques et spécificités botaniques, mais aussi d'avoir un aperçu sur le cadre physique et biologique comme conditions environnementales dans lesquelles les incendies prennent naissance.

## 2.1 Situation géographique du terrain d'étude

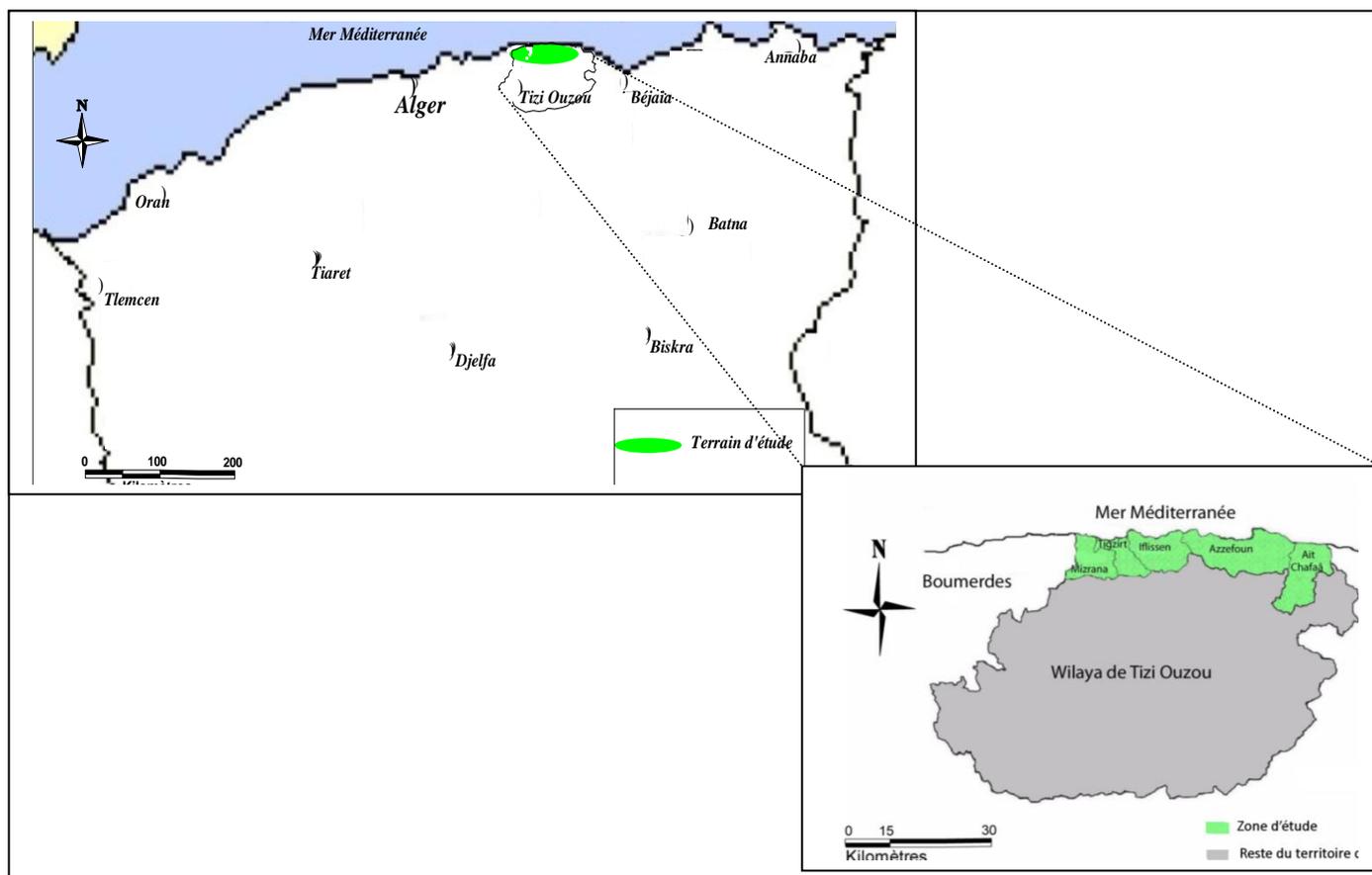
Pour la mise en œuvre de la présente étude, nous avons opté pour un terrain situé en Kabylie ; une région qui présente un potentiel paysager exceptionnel avec des écosystèmes divers et variés, mais aussi une grande part d'incendies qui touchent, de façon presque systématique, les localités forestières de cette région et particulièrement celles de sa partie maritime.

Le terrain d'étude s'étend sur l'ensemble des communes littorales de la wilaya de Tizi Ouzou qui est la plus haute autorité administrative locale ; c'est l'équivalent d'un département en France. Elle est composée de 21 daïrates<sup>8</sup> qui regroupent 67 communes. Elle est d'une superficie totale de 2 958 km<sup>2</sup>. Elle se situe à 100 km à l'Est d'Alger, elle est délimitée au Nord par la mer Méditerranée, à l'Est par la wilaya de Bejaïa, à l'Ouest par la wilaya de Boumerdes et au Sud par la wilaya de Bouira.

La zone délimitée pour le besoin de cette étude se décline du Nord au Sud sur une distance ne dépassant pas les 10 kilomètres et s'étend de l'Est à l'Ouest sur un linéaire de 60 kilomètres. Elle comprend les cinq communes suivantes : Mizrana, Tigzirt, Iflissen, Azeffoun et Aït Chafaâ (figure 2.1). Ces dernières constituent un ensemble délimité au Nord par la mer Méditerranée, à l'Est par les communes de Béni Kssila et de Zekri, à l'Ouest par la commune d'afir et au Sud par les communes de Makouda, Boudjima, Timizart, Aghrib, Akkerou et Yakouren.

---

<sup>8</sup> Entité administrative représentative de l'État à l'échelle locale (sous préfecture)



**Figure 2.1** : Situation géographique du terrain d'étude

L'étude s'intéresse aux différents aspects liés aux incendies qui touchent les formations forestières et sub-forestières de ces communes littorales, car c'est sur cette partie qui fait face à la mer Méditerranée qu'un « record » régional, en nombre d'incendies, est enregistré annuellement.

Cette façade littorale s'étend sur un tracé plus ou moins rectiligne, alignant des falaises abruptes et une topographie montagneuse très accidentée, avec 82 % des terres pentues et recouvertes de maquis, alors que les plaines et les espaces plats sont très limités. Le domaine littoral de la wilaya de Tizi Ouzou recèle d'importants massifs forestiers qui s'ouvrent sur la mer méditerranée.

-Coordonnées géographique :

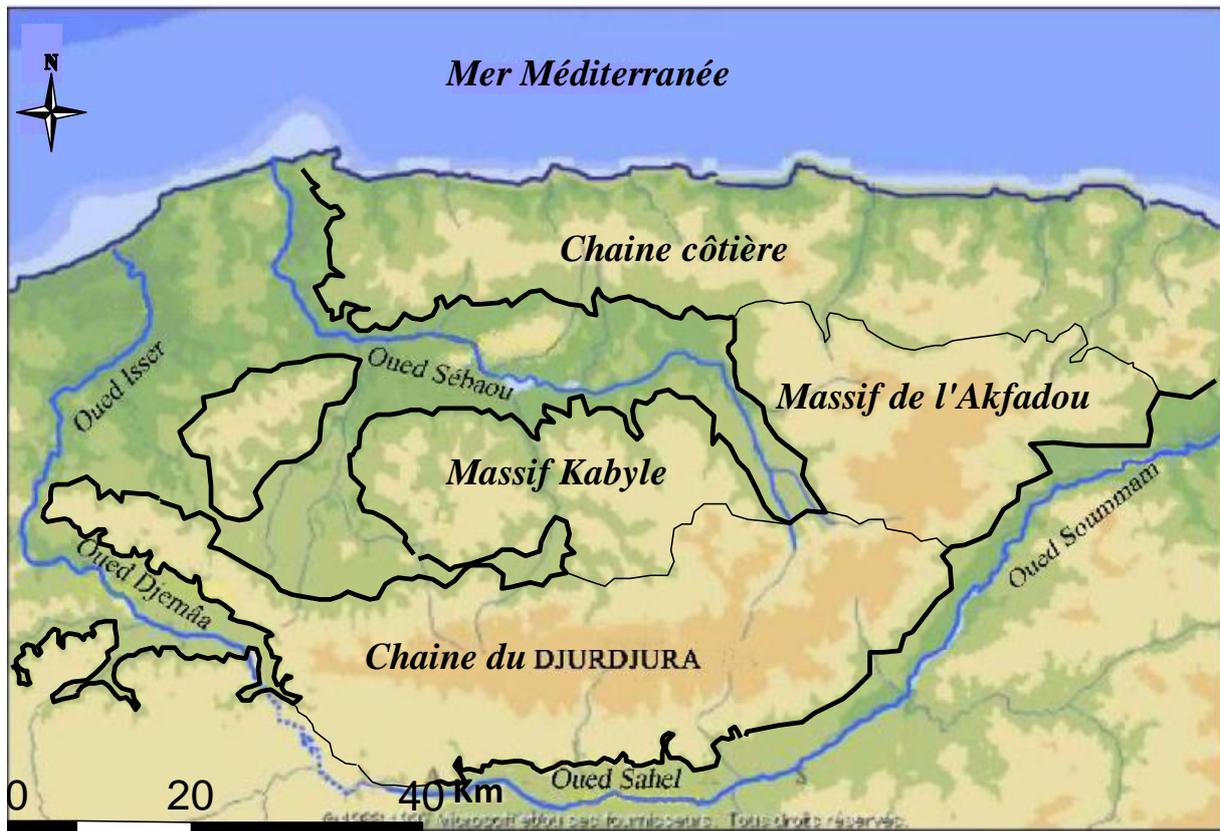
De 36° 49' 27.84'' à 36° 54' 38.88'' Nord

De 4° 02' 8.16'' à 4° 37' 59.52'' Est

## 2.2 Caractéristiques géomorphologiques

La structure géomorphologique locale du terrain est profondément insérée dans la structure géomorphologique globale de la région de Kabylie. C'est pourquoi la présentation de la géomorphologie locale nécessite la prise en considération de l'ensemble de la géomorphologie Kabyle (figure 2.2).

« La Kabylie est entièrement comprise, depuis le littoral jusque sur les plus hautes cimes du Djurdjura, dans la première zone botanique méditerranéenne, ainsi que l'a déjà établi l'explorateur bien connu, le Dr Cosson, dans sa carte botanique de l'Algérie. Mais il sera facile, toutefois à l'observateur qui aura parcouru cette contrée, à toutes les altitudes, d'y reconnaître quatre sous-régions ou zones très distinctes, caractérisées par la présence de plusieurs végétaux qui sont propres à chacune d'elles » (DEBEAUX, 1894).



**Figure 2.2:** Chaines et massifs montagneux de la Kabylie Djurdjurienne

Source : Microsoft Expediamaps, 1997

Du point de vue géographique, la Kabylie du Djurdjura (Grande Kabylie) occupe la partie du territoire situé entre les limites naturelles suivantes :

-la mer Méditerranée au Nord ;

- l'oued Isser et l'oued Djemâa à l'Ouest ;
- l'oued Sahel au Sud ;
- et l'oued Soummam à l'Est.

La morphologie de la région guide notre démarche descriptive, par conséquent, il est évident que les limites considérées sont strictement naturelles.

La Kabylie du Djurdjura se distingue par la diversité de ses milieux physiques et naturels par rapport au reste des régions d'Algérie (MEDDOUR, 2010). La géomorphologie est très variable avec un relief très accidenté où se différencient deux chaînes et deux massifs montagneux.

« *Sous le nom de Kabylie on entend une vaste région montagneuse qui s'étend sur une partie des départements d'Alger et de Constantine, depuis l'extrémité de la plaine de Mitidja, à l'Ouest jusqu'au méridien de Collo, à l'Est, sur une étendue de plus de 300 kilomètres. La région orientale reçoit généralement la désignation de Petite Kabylie, ou Kabylie des Babors ; ce dernier nom me paraît plus justifié, de même que pour la région occidentale, la dénomination de Kabylie du Djurdjura<sup>9</sup> doit être préférée à celle de Grande Kabylie, la plus usitée* » (FICHEUR, 1890).

### **2.2.1 Massif montagneux de Beni Ghobri-Akfadou**

Ce massif montagneux est très accidenté et joint au Sud-Ouest la chaîne montagneuse du *Djurdjura* et de *Chellata* aux chaînons littoraux. Il se rattache au Nord-Ouest par le Djebel *Zraïb* (933 m) à la chaîne du *Tamgout*. L'orographie de l'ensemble du massif est assez complexe ; elle est le résultat de la succession de plusieurs lignes de crêtes souvent étroites orientées ENE-WSW et séparées par de profonds talwegs.

Le relief de cette zone boisée est profondément disséqué par de nombreux cours d'eau. Il se distingue par l'importance des volumes montagneux puisque près de la moitié de la surface est située à plus de 800 m d'altitude (DAGORNE et MAHROR, 1984). Les versants dont les sommets gréseux sont découpés en rochers saillants, dominant vers l'Ouest la vallée du Haut *Sébaou* (*Assif<sup>10</sup> n'Boubhir*). Les pics les plus importants sont : Adrar<sup>11</sup> *Sidi el Abed* (1014 m) (forêt de *Yakouren*), Adrar *Afroun* (1317 m), Adrar *Toukra* (1465 m) et *Azerou<sup>12</sup> n'Taghat* (1542 m). Ces deux derniers monts se prolongent vers l'Est, à partir d'*Adekar*, avec le massif

---

<sup>9</sup> *Nom d'un grand massif montagneux situé en Kabylie*

<sup>10</sup> *Signifie Oued ou rivière.*

<sup>11</sup> *Signifie montagne ou colline*

<sup>12</sup> *Signifie rocher*

de *Taourirt Ighil* (1003 m), et dominant vers le Sud-Est la vallée de la *Soummam*. L'altitude du versant méridional passe de 1600 à moins de 200 m vers *Sidi Aïch* sur une distance de moins de 10 Km en direction de la vallée de la *Soummam*. Au versant nord, l'altitude grimpe de 217 m à Tizi Bouchen, près d'Azazga, à 1646 m à Adrar Zéen, point culminant du massif (MEDDOUR, 2010).

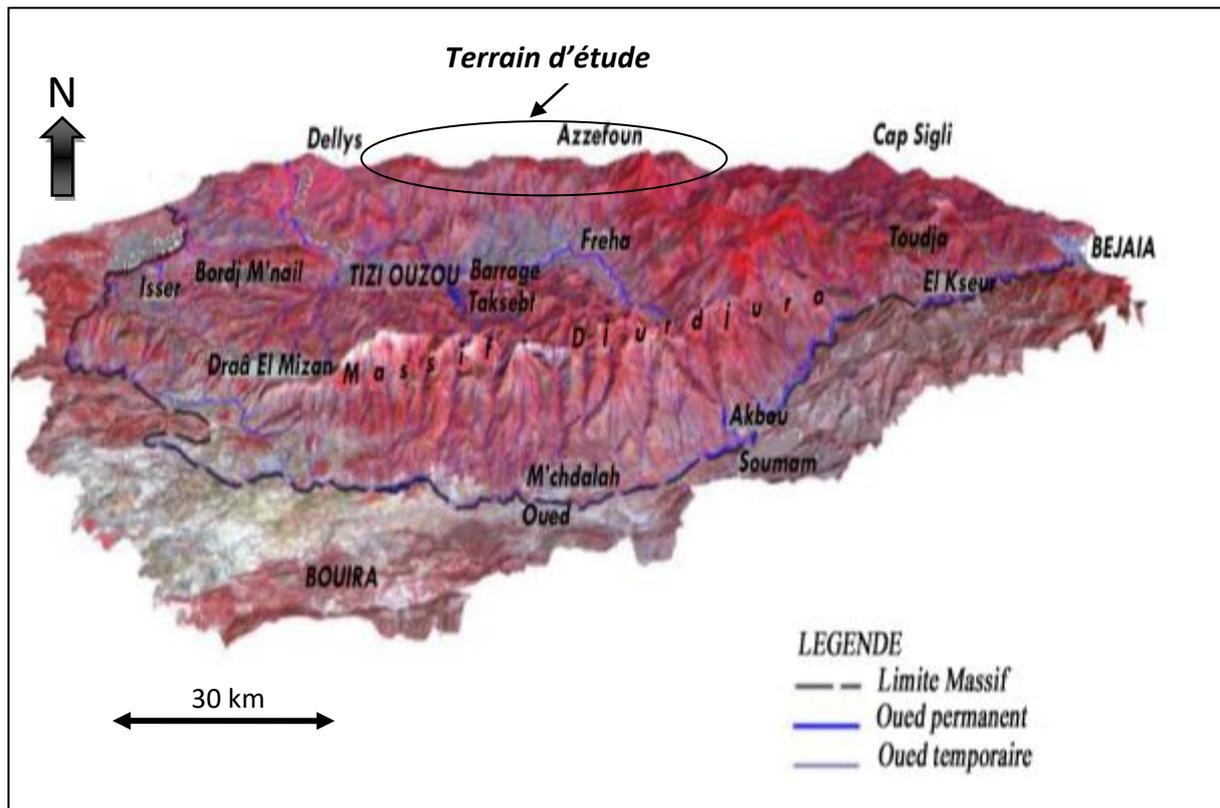


Figure 2.3 : Relief de la Kabylie (M.A.T.E.T<sup>13</sup>, 2008).

### 2.2.2 Massif ancien kabyle (ou contreforts du Djurdjura)

Appelé également le massif central, c'est la zone des contreforts pouvant s'élever jusqu'à 1000 mètres et est situé entre l'Oued *Sébaou* et la dépression de *Drâa El-Mizan* et *Des Ouadhias*. Il a des limites moins nettes à l'Est où il bute contre le *Djurdjura*. Il se distingue par des formes tantôt larges et arrondies du fait de l'érosion et tantôt étroites et aiguës. Ses altitudes se situent en général entre 800 et 1000 mètres. L'appellation de massif ancien est due à l'origine géologique du massif qui remonte à l'ère primaire (MEDDOUR, 2010).

<sup>13</sup> Ministère de l'Aménagement des Territoires, de l'Environnement et du Tourisme

### 2.2.3 Chaîne du Djurdjura

C'est la plus importante de tout le Tell algéro-tunisien, elle représente une incontestable entité géographique. C'est le noyau autour duquel se rattache tout le système montagneux de la région (MEDDOUR, 2010).

Elle s'étend sur 60 kilomètres, de Tizi Djaboub (1185 m), à l'Ouest, jusqu'à Tizi n'Chria (1231 m) à l'Est avec une largeur n'excédant pas 10 Km. Elle est, en réalité, composée de deux chaînes unies, formant une crête continue en forme d'arc ouvert vers le Nord, dont les dépressions se maintiennent au-dessus de 1600 mètres d'altitude, à l'exception de sa partie orientale (*Chellata*) qui ne présente pas de tel type de dépression. Au Nord, ses crêtes hardies s'abaissent brusquement sur les contreforts du massif Kabyle ou s'échelonnent par des gradins escarpés sur la grande dépression de Draâ El Mizan, à l'Ouest. Au Sud, un enchaînement de contreforts importants, surtout dans la partie centrale, s'abaissent à la vallée de l'Oued Sahel, dont l'altitude ne dépasse pas 450 mètres (FICHEUR, 1890). A l'Est, la chaîne s'infléchit dans sa partie moyenne vers le Nord-Est, et s'achève brusquement vers la côte, non loin de l'embouchure de l'Oued Soummam.

Le Djurdjura échelonne une dizaine de crêtes rocheuses dépassant l'altitude de 2000 m. Les cols, souvent situés au pied des pics les plus élevés, font la jonction entre le Djurdjura et la vallée de l'oued Sahel.

**Tableau 2.1:** Ensembles physiques de la wilaya de Tizi Ouzou

<b>Ensembles Physiques</b>	<b>Pente (%)</b>	<b>Pourcentage par rapport à la superficie totale de la Wilaya</b>
<b>Plaines</b>	0 à 3	6,24
<b>Bas piémonts</b>	3 à 12,5	10,50
<b>Hauts piémonts</b>	12,5 à 25	31,42
<b>Très hautes montagnes</b>	25	51,84
<b>Total</b>		100

(Source : direction de l'agriculture de Tizi-Ouzou, 2010)

### 2.2.4 Zone de vallées, plaines et dépressions

La zone de vallées occupe le centre de la wilaya de Tizi Ouzou et s'étale de l'extrême limite Ouest jusque dans les daïrates d'Aïn El hammam et de Bouzguene vers le Sud-Est. Elle comprend la vallée du Sébaou et les vallées d'Oued Aïssi, Oued Rabta et d'Oued Boubhir. Le domaine de la plaine est très restreint dans cette région et se limite à la plaine côtière

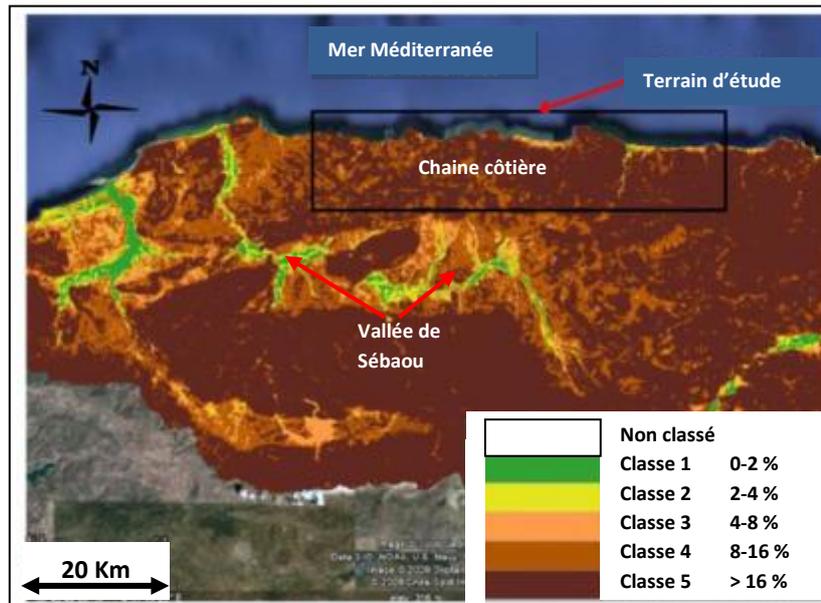
d'Azeffoun qui est très étroite s'étalant sur quelques centaines de mètres. La seule dépression importante à souligner reste celle de Drâa-El-Mizan qui s'arrête aux abords des Ouadhias (DEBEAUX, 1894 ; Direction de l'agriculture de Tizi-Ouzou, 2010).

### **2.2.5 Chaîne côtière**

Elle concerne l'ensemble du terrain d'étude. Elle se dresse parallèlement de l'Ouest vers l'Est entre la vallée du *Sébaou* et la mer Méditerranée. Elle prend naissance de l'embouchure de l'*Isser* et s'élève vers l'Est, pour atteindre son point culminant à *Tamgout* (1279 m) sous forme d'une pyramide à vue de loin, dominant toute la zone littorale. Son flanc oriental est profondément entaillé par la coupure d'un oued dit *Assif el Hammam*. Plus loin, elle se confond sur les massifs de l'*Akfadou* et de *Taourirt Ighil* : elle émet vers la mer de petits chaînons décroissants en altitude de l'Ouest à l'Est, séparés entre eux par de petits oueds côtiers à régime torrentiel. Vers le Centre-Est, la ligne des crêtes marquées de quelques saillies rocheuses de grès, conserve une altitude moyenne de 800 m ; point culminant *Koudiet Akkoucha* (945 m). Les versants orientés vers la mer et s'abaissant graduellement vers le rivage, présentent à certains endroits des limites franches en falaises généralement abruptes. Évoquant les limites de la chaîne à l'Ouest, le Djebel de *Bou Berak* (648 m), qui se scinde en deux crêtes distinctes, constitue l'ultime élévation séparant le bassin de l'*Isser* de celui du *Sébaou*. Au Centre-Ouest, le versant principal d'*Iflissen Lbhar* vient s'achever au Cap *Tedlès* et au centre le versant d'*Aït Djenad*, qui forme une arête saillante, se prolonge par la pointe d'*Ait Arhouna*. Enfin, à l'Est une ride importante part du *Tamgout*, d'abord vers le Nord-Est, puis dévie vers le Nord-Ouest dans le promontoire d'*Azeffoun* (425 m) et qui se tronque brusquement au Cap *Corbelin* (MEDDOUR, 2010).

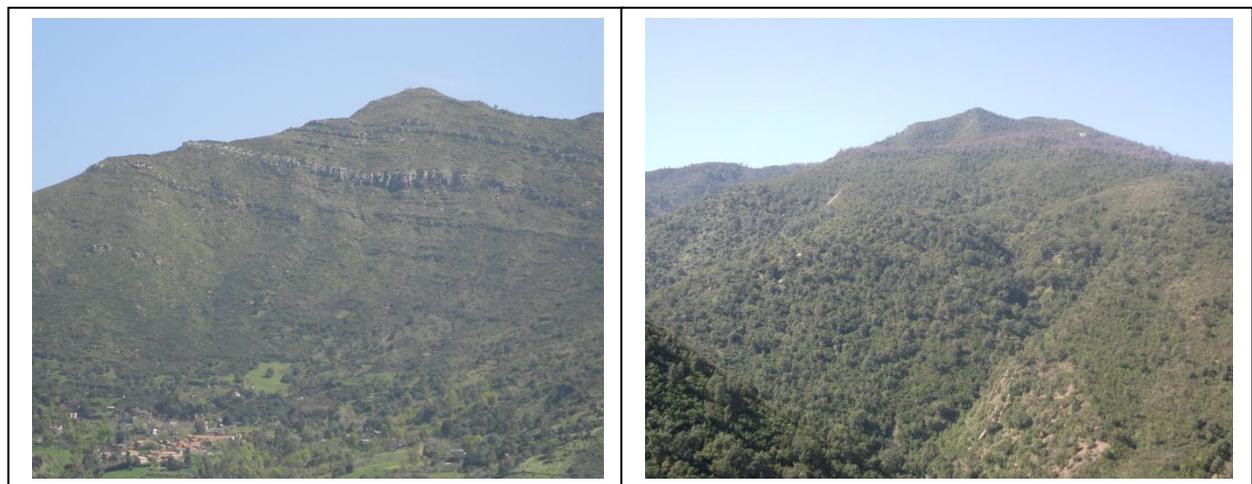
### **2.3 Caractéristiques orographiques de la chaîne côtière**

Les collines côtières présentent des altitudes variables. Celles qui bordent la mer ne dépassant pas en moyenne les 300 mètres, sauf à Azeffoun, vers l'Est où l'on relève des pics d'une altitude supérieure à 400 mètres (*Sidi Abderhmane* 408 m, *Tagmount Boudrar* 548 m). Vers l'arrière des côtes, l'altitude des collines augmente brusquement, on note des pics allant jusqu'à 1089 m (*Ighil Oulkhou*); sommet de la chaîne côtière.



**Figure 2.4 :** Carte de la pente topographique de la Kabylie (S.G.I.I.A.R, 2008)

La chaîne côtière s’allonge d’Ouest en Est ; parallèlement au rivage. Cette disposition a fait que les pentes sont majoritairement orientées vers la mer et en grande partie supérieures à 12 %. Mais il existe des endroits où les pentes sont très abruptes, comme le cas du massif côtier d’Azeffoun où l’inclinaison dépasse largement les 16 % (figure 2.4 et 2.5).



**Figure 2.5 :** Exemple de pentes abruptes rencontrées en Kabylie maritime

L’exposition nord prédomine dans notre terrain d’étude car le relief est orienté face à la mer Méditerranée. La végétation est sensée bénéficier de la douceur de la mer et moins souffrir de la chaleur estivale par rapport à la végétation des versants sud. Sur les versants sud, plus chauds, la végétation est nettement moins développée que sur les versants nord. Elle souffre de l’exposition au soleil et de l’évapotranspiration qui la prédispose à l’inflammation. Ce

problème ne se pose pas de la même manière pour la végétation des versants frais, car la teneur en eau peut être plus importante, par conséquent, moins inflammable. Mais les feux persistent tout de même sur les versants nord, pourtant moins exposés au soleil.

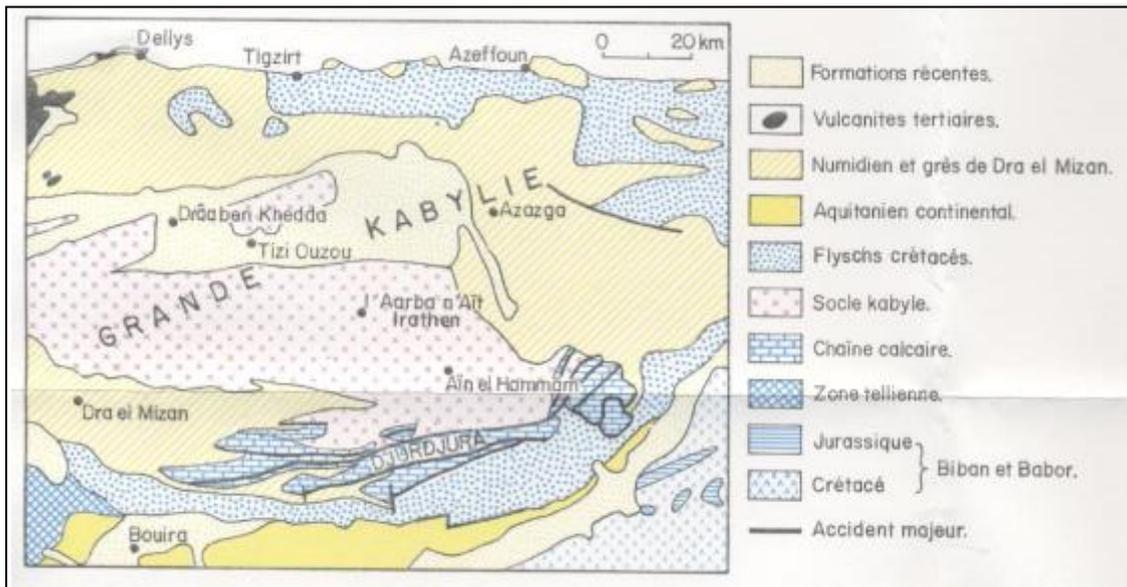
En outre, le type de végétation, la structure et la densité diffèrent d'un versant frais à un versant chaud, ce qui montre l'importance de l'orientation des versants vis-à-vis des incendies. Un feu se propage plus facilement sur un versant bien exposé au vent. En général, les versants sud et sud-ouest, caractérisés par une durée d'insolation élevée, présentent les conditions les plus favorables pour une inflammation et une propagation rapide des feux (GILLON et TRABAUD, 1997).

#### **2.4 Géologie et lithologie de la région de Kabylie**

Sur le plan géologique, la Kabylie a fait l'objet de plusieurs études : stratigraphie, orogénèse, tectonique (PERON, 1880 ; FLANDRIN, 1952 ; THIBAUT, 1952 ; RAYMOND, 1976 ; GELARD, 1979 ; DAGORNE et MAHROUR, 1984 ; YAKOUB, 1996) Les cartes géologiques de la Kabylie décrivent une lithologie variée et une structure complexe. Les massifs de Kabylie appartiennent à cet ensemble du Tell algérien où se montrent les terrains sédimentaires les plus anciens et les plus variés.

La présence d'amas importants de basalte à l'Ouest de la chaîne littorale Kabyle et un peu partout le long du littoral algérien, témoigne du rôle considérable qu'ont joué les phénomènes volcaniques de la période quaternaire (tertiaire selon DAGORNE et MAHROUR, 1984) dans cette partie (PERON, 1883).

La lithologie de la Kabylie est dominée par les grès de Numidie qui caractérisent la majeure partie des collines de la grande Kabylie et la dépression de Draâ El Mizan. La chaîne côtière est partagée entre grès de Numidie qui domine sur les collines de la grande Kabylie et moins présent sur la côte est et le massif côtier d'Azeffoun, ce sont plutôt les flysch créacés qui dominant sur son côté est.



**Figure 2.6 :** Schéma géologique de la Kabylie (DAGORNE et MAHROUR, 1984)

La vallée du Sébaou est de formations récentes (probablement alluvionnaires du fait de l'érosion) et sépare les grès des collines de la grande Kabylie du massif montagneux Kabyle qui forme le socle Kabyle au pied du Djurdjura. Il est représenté par diverses formations cristalloylliennes : schistes, micaschistes, gneiss, granites et pegmatites (YAKOUB, 1996).

Le Djurdjura est une chaîne calcaire mais les bas contreforts adossés à la chaîne au Sud sont des Flysch crétacés. Ce massif est composé de terrains sédimentaires fortement plissés et fracturés. Une partie de ces terrains s'est formée au cours de l'ère primaire, mais la plus grande partie appartient aux périodes secondaires et tertiaires. A l'époque liasique une longue sédimentation calcaire fournit les éléments de la majeure partie des crêtes (FLANDRIN, 1952 *in* HAOUCHINE, 2011)

Le Djurdjura présente un faciès principal composé essentiellement de terrains calcaires, de roches cristallines et cristalloylliennes d'origine magmatique (granite et pegmatite) et métamorphiques (micaschistes et quartzites).

En ce qui concerne la Kabylie maritime, qui représente la zone choisie pour la mise en œuvre de la présente étude, elle est caractérisée par des alluvions et sables au niveau de sa bande littorale, des Grès au centre et à l'Est et des Flysch à l'Ouest.

## 2.5 Caractéristiques climatiques

La position géographique de la Kabylie, qui se situe tout près de la mer Méditerranée mais pas loin des régions désertiques, joue un rôle important dans la détermination de son climat. La Kabylie s'ouvre aux influences maritimes par une série de trouées et de vallées ce qui permet un adoucissement des températures en hiver et l'atténuation de l'effet de l'altitude. Les précipitations sont abondantes pour la même saison. Les masses d'air qui arrivent du Nord dominant et déterminent une saison hivernale froide et humide qui s'étale du mois de décembre jusqu'au mois de février.

La présence de la chaîne montagneuse de l'Atlas Tellien sur le flanc sud, la protège de la remontée des masses d'air chaud et sec. Durant les autres mois de l'année, les masses d'air tropical remontent progressivement et entraînent chaleur et sécheresse. En effet, l'été est chaud, sec et long. Le temps variable, fréquent sur la région, est créé par des fronts discontinus dus à la circulation zonale (d'Ouest en Est) de l'air. Les vents pluvieux du NW pénètrent jusqu'au cœur du massif ancien par la trouée du Sébaou et jusqu'au Djurdjura par la vallée inférieure de l'Isser.

Il existe quatre stations météorologiques autour du site : Aghrib (680 m) qui se trouve à proximité du terrain d'étude et à une dizaine de km de la mer, Cap Sigli (35 m) qui se trouve au bord de la mer, mais à une quarantaine de km du terrain d'étude, la station de Dellys (12 m) qui se trouve aussi au bord de la mer et à la même distance du terrain d'étude que Cap Sigli et enfin la station de Boukhalfa (188 m) appelée aussi station de Tizi Ouzou vu qu'elle se situe à la périphérie de cette ville. Cette dernière se trouve à une trentaine de kilomètres du terrain d'étude vers l'arrière-pays. Les données de ces stations seront utilisées pour déterminer l'étage bioclimatique du site.

La figure 2.7 illustre les positions des stations météorologiques les unes par rapports aux autres et vis-à-vis de la mer méditerranée.



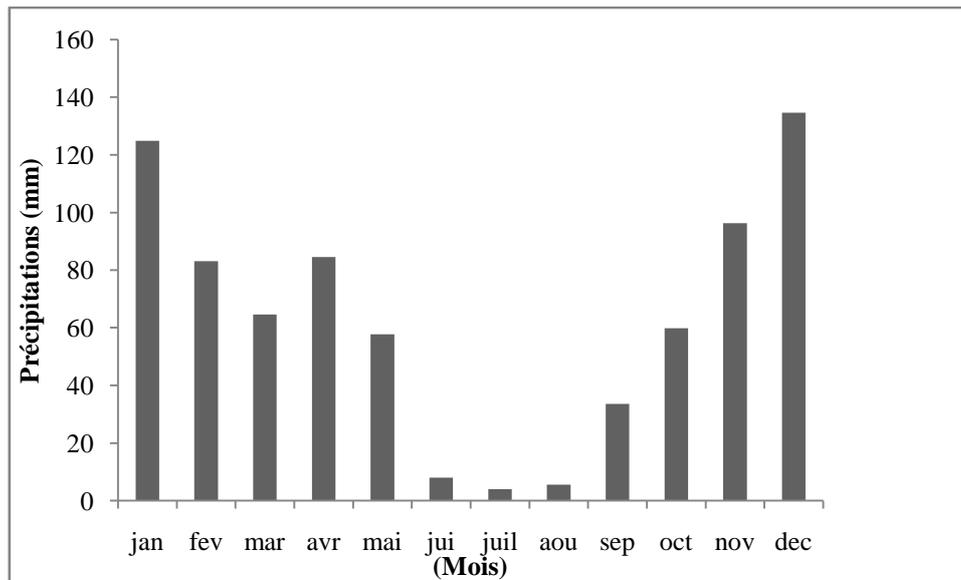
**Figure 2.7** : Positions des stations météorologiques les plus proches du terrain d'étude

La station de Boukhalfa nous a fourni la plupart des données qui vont servir pour l'étude des incendies de la Kabylie maritime. Elle n'est, certes, pas la plus proche du site dans lequel est mise en œuvre notre étude, mais elle constitue une source fiable. Elle est située sur un piémont qui borde la montagne de Redjaouna (669 m) vers l'Est et elle s'ouvre sur la plaine de Sidi Naâmane vers le Nord et la vallée du Sébaou vers l'Ouest. Mais vu la présence de la chaîne collinaire côtière qui constitue une barrière naturelle, les influences maritimes arrivent plutôt du côté de Takdempt et Cap Jinet via la vallée du Sébaou, c'est-à-dire du côté nord-ouest et ouest de la station. Le vent est donc guidé par la vallée du Sébaou. Elle s'ouvre également vers le Sud sur un système collinaire qui s'élève progressivement et bute sur le massif Kabyle (voir page 47, figure 2.2).

### 2.5.1 Précipitations

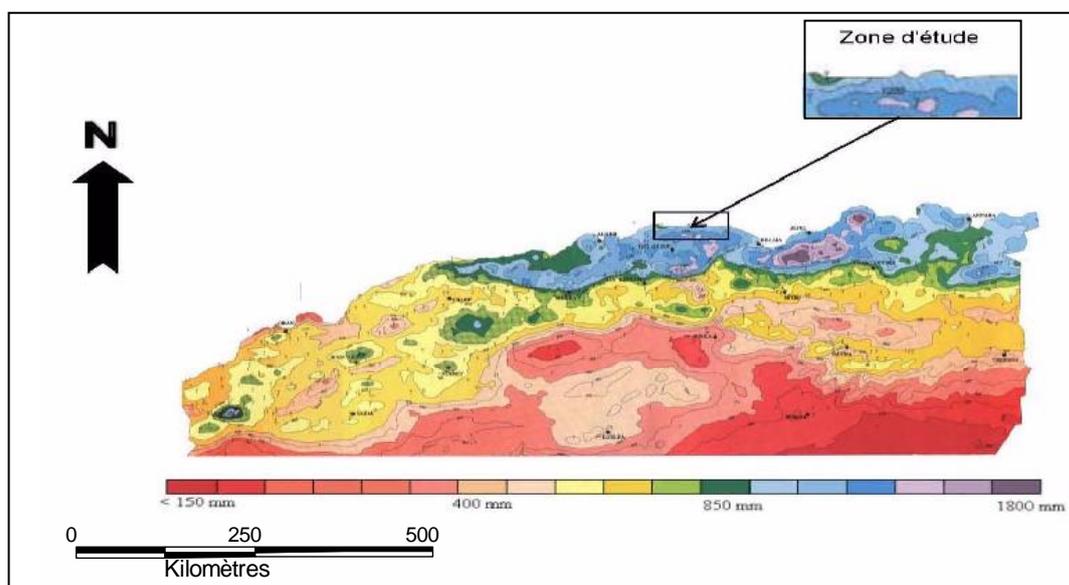
La pluviométrie moyenne se rapproche des 800 mm par an pour une période d'observation de 20 ans. Les précipitations peuvent varier considérablement d'une année à une autre et les neiges peuvent être abondantes sur le Djurdjura et l'extrémité orientale du massif central, mais elles sont rares sur la zone côtière dans laquelle la présente étude est mise en œuvre. Cependant, les précipitations dans cette zone, peuvent dépasser les 1000 mm pour certaines années.

La figure 2.8 montre que les fortes précipitations locales se concentrent du mois d'octobre au mois de mai, et que la saison estivale apparaît la moins arrosée avec une période creuse qui s'étale du mois de juin jusqu'au mois de septembre. Le mois de Juillet est biologiquement le mois le plus sec de l'année, tandis que le mois le plus humide est décembre.



**Figure 2.8 :** Précipitations moyennes mensuelles, station de Boukhalfa, période 1990-2007

La figure 2.9 représente la répartition des précipitations en Algérie du Nord. Les pluies sont plus abondantes sur la partie nord-est. Elles peuvent atteindre 1800 mm par an sur les hauteurs de la région de Jijel et de Skikda. La zone d'étude peut enregistrer jusqu'à 1000 mm.



**Figure 2.9 :** Carte de la pluviométrie annuelle pour l'Algérie du Nord

Source: *M. Benslimane, A. Hamimed, W. El Zerey, A. Khaldi et K. Mederbal, 2008*

Le caractère orageux de certaines pluies provoque des torrents et des éboulements et leur action mécanique engendre le lessivage des sols dépourvu de végétation après le passage d'un feu.

### 2.5.2 Températures

La zone d'étude est caractérisée par un hiver doux et pluvieux et un été long, sec et chaud (figure 2.10). Le mois d'août est le mois le plus chaud de l'année, avec des températures maximales qui dépassent, parfois, les 40 °C notamment entre 12 et 14 heures de la journée dans certains endroits.

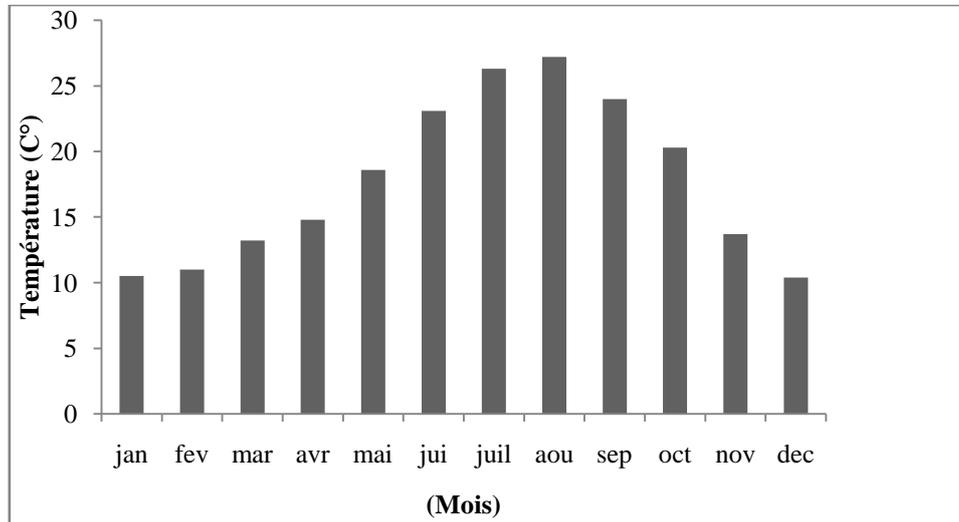


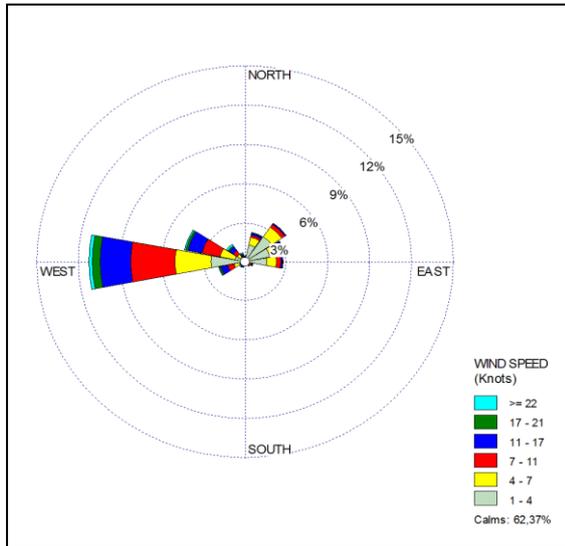
Figure 2.10 : Températures moyennes mensuelles, station de Boukhalfa, période 1990-2008

Les températures sont enregistrées au niveau de la station de Boukhalfa, qui se situe à la périphérie de la ville de Tizi Ouzou. La période d'observation considérée est la même que celle des précipitations, c'est-à-dire 20 ans.

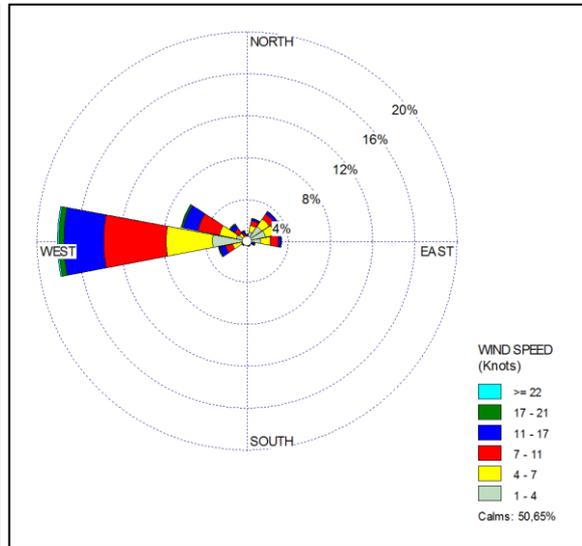
### 2.5.3 Vent

Les vents dominants sont ceux de l'Ouest et du Nord-Ouest pour les quatre saisons caractérisant l'extrême Nord de l'Algérie (Figures 2.11, 2.12, 2.13 et 2.14). En été, les masses d'air du Sahara, arrivent parfois à traverser la barrière physique montagneuse de la chaîne de l'Atlas pour s'étendre vers le littoral. Subissant l'effet de fœhn (vent chaud et sec), cet air s'assèche et se réchauffe sous le vent engendrant les canicules les plus sévères. Des canicules que la proximité de la mer dissipe difficilement par le phénomène de la brise (Service météo Algérie). La circulation du sirocco, un vent très chaud et sec, favorise l'assèchement de la végétation et augmente sensiblement la prédisposition de la végétation à l'inflammation. Par sa puissance, le sirocco attise les flammes et pousse l'incendie à une vitesse qui peut atteindre en moyenne 20 % de la vitesse du vent lui-même. Les conditions créées par un sirocco sont semblables à celles d'un foehn qui touche certaines régions d'Europe, notamment le Sud de la France.

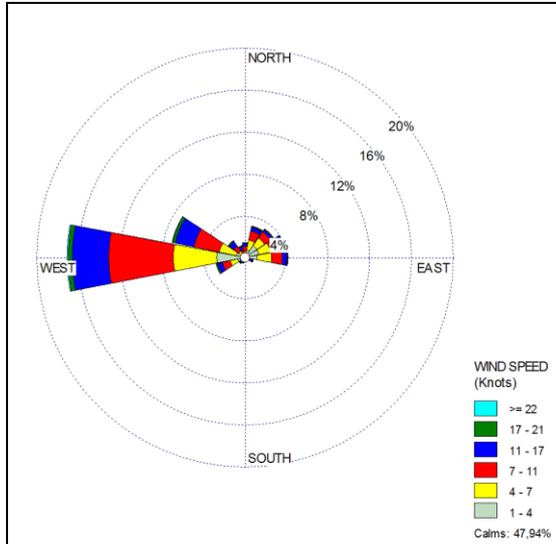
La figure 2.13 qui représente la rose des vents pendant l'été à proximité de Tizi Ouzou, montre que pendant cette période de l'année l'activité du vent est la plus importante avec seulement 47,94 % de jours d'accalmie par rapport au reste de l'année où l'on enregistre jusqu'à 62,37 % de jours d'accalmie en hiver.



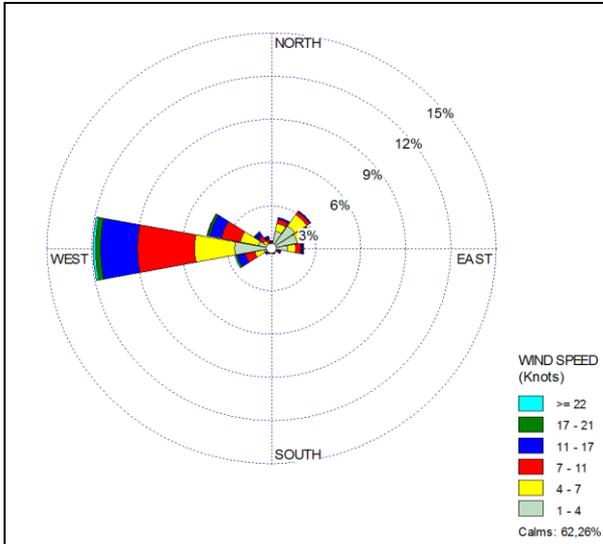
**Figure 2.11 :** Rose des vents d'hiver, station de Boukhalfa, période 1990-2009



**Figure 2.12 :** Rose des vents du printemps, station de Boukhalfa, période 1990-2009



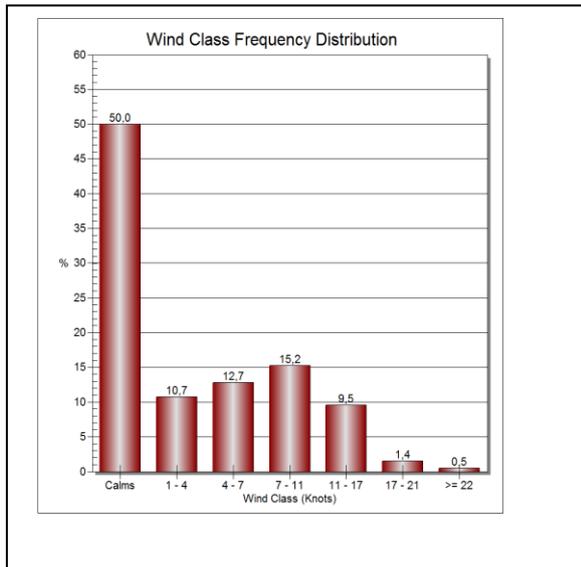
**Figure 2.13 :** Rose des vents d'été, station de Boukhalfa, période 1990-2009



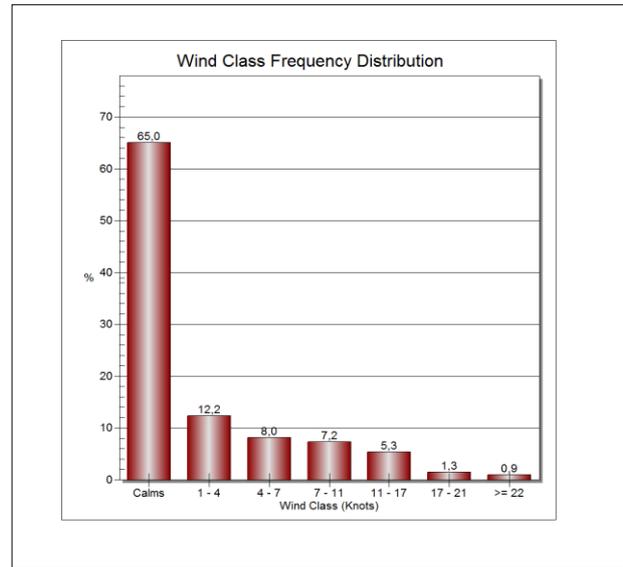
**Figure 2.14 :** Rose des vents d'Automne, station de Boukhalfa période 1990-2009

La figure 2.15 montre que la classe de la vitesse du vent qui domine est celle qui est comprise entre 7 et 11 nœuds pendant la période estivale. Pour le reste de l'année, la classe de la vitesse du vent qui domine varie entre 1 et 4 nœuds.

A priori, le vent se lève beaucoup en été et augmente de vitesse et de puissance. Ceci peut avoir un effet déterminant sur l'éclosion, la puissance et la propagation du feu.



**Figure 2.15:** Classes de la vitesse du vent d'été, station de Boukhalfa, période 1990-2009



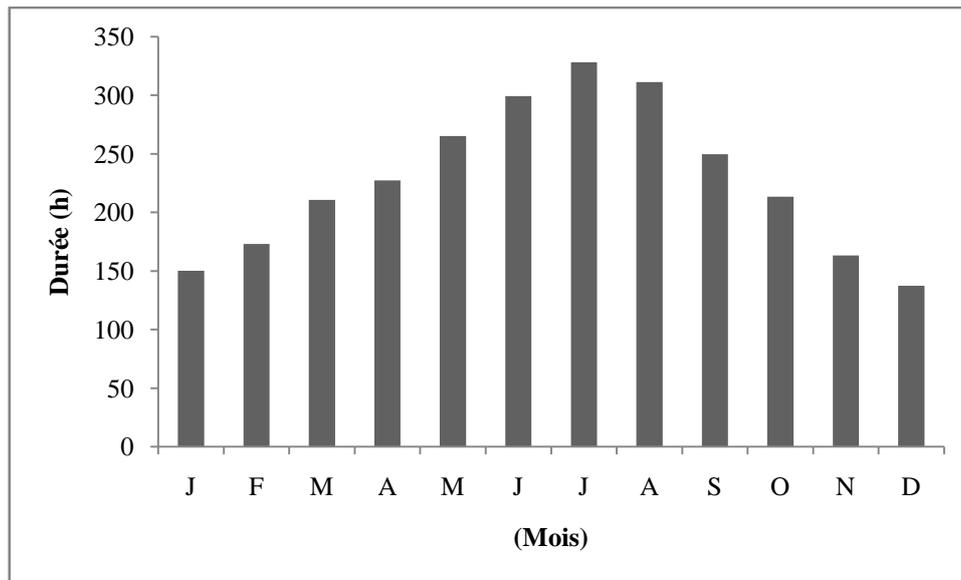
**Figure 2.16:** Classes de la vitesse du vent d'hiver, station de Boukhalfa, période 1990-2009

### 2.5.4 Insolation

L'insolation est un facteur important dans l'étude des incendies car elle agit indirectement sur ces derniers. Le risque d'incendie augmente avec l'augmentation de la durée de l'exposition de la plante au soleil. L'enseillement provoque une forte activité synthétique des plantes, par conséquent, l'évapotranspiration augmente et provoque un assèchement rapide des tissus végétaux.

D'après les données recueillies auprès de la station de Boukhalfa, la durée moyenne annuelle d'insolation est de 2 728,7 heures (période 1990-2009). Les trois mois de l'été cumulent en moyenne 938,5 heures (période 1990-2009), ceci représente un tiers de la durée totale d'insolation, ce qui est une durée très considérable.

La figure 2.17 montre l'évolution de la durée moyenne mensuelle d'insolation près de la ville de Tizi Ouzou. Le mois de juillet est le plus ensoleillé de toute l'année avec une moyenne de 328,1 heures.



**Figure 2.17** : Durée moyenne mensuelle d'insolation, station de Boukhalfa, durant la période 1990-2009

### 2.5.5 Bioclimats

La notion ; d'étage bioclimatique trouve tout son sens en Méditerranée car elle contribue d'une manière significative à la compréhension de la distribution de la végétation en latitude en fonction du gradient des températures qui s'établit, en règle générale, du Nord vers le Sud et l'inverse pour les précipitations. La végétation s'organise, aussi, en étage altitudinal en fonction des températures préférentielles pour chaque formation et constitue ce qu'on appelle l'étage de végétation (distribution verticale).

#### ➤ Quotient pluviothermique d'EMBERGER

Le Quotient pluviothermique est un indice bioclimatique qui combine deux facteurs climatiques à savoir la température et la pluviométrie. Son calcul renseigne essentiellement sur la rigueur des conditions climatiques et la répartition des formations végétales. Des corrélations importantes existent entre les valeurs de cet indice et la répartition de la végétation.

Il est donné par la formule suivante :  $Q = (Pa * 1000) / [(M+m) * (M-m)]/2$

Pa : précipitations annuelles (en mm), M : moyenne maximale mensuelle des températures du mois le plus chaud (en Kelvin), m : moyenne minimale mensuelle des températures du mois le plus froid (en Kelvin) et Q : le quotient pluviothermique. Ce quotient ainsi défini, permet de déterminer pour notre station l'étage bioclimatique auquel elle appartient, en représentant les résultats obtenus sur le diagramme bioclimatique proposé par EMBERGER.

STEWART (1969) propose une formule modifiée qui exprime le quotient et qui traduit, par conséquent, la sécheresse du climat :  $Q_2 = K * P / (M - m)$

$Q_2$  : quotient pluviothermique ;

P : précipitations annuelles ;

K : coefficient de STEWART établi pour l'Algérie et le Maroc (K= 3,43) ;

M : la moyenne maximale mensuelle du mois le plus chaud ;

m : la moyenne minimale mensuelle du mois le plus froid.

D'après les études menées par des élèves ingénieurs de l'université de Tizi Ouzou sur ce même terrain, en exploitant des données des stations d'Aghrib et de Cap Sigli, le quotient pluviothermique donne des valeurs respectives de 130,5 pour la station de Cap Sigli, très proche de la mer et qui se situe à une quarantaine de kilomètres de la zone d'étude et à 35 m d'altitude, et de 173,05 pour la station d'Aghrib qui se situe vers l'arrière pays, au cœur de la zone d'étude et à 680 m d'altitude, sachant que les données utilisées, pour ce calcul, sont celles de SELTZER de 1938-1946 pour Cap Sigli et de l'ANRH (Agence Nationale des Ressources Hydriques) de 1991-2001 pour Aghrib. La station météorologique de Boukhalfa (188 m d'altitude) présente un quotient pluviothermique de l'ordre de 89,36.

Le croisement des valeurs du quotient et des températures moyennes minimales mensuelles respectives des mois les plus froids sur le diagramme d'EMBERGER (figure 2.18), permet de situer le bioclimat et la rigueur de l'hiver pour chacune des trois stations. La station de Cap Sigli se situe donc, dans un étage bioclimatique subhumide à hiver chaud qui chevauche l'étage bioclimatique humide. La station d'Aghrib se situe dans l'étage bioclimatique humide à hiver tempéré. La station de Boukhalfa (Tizi Ouzou) se situe dans l'étage bioclimatique subhumide à hiver tempéré ( $Q = 86,36$ ).

Les caractéristiques de ces étages bioclimatiques sont l'abondance des précipitations, avec une distribution interannuelle plus ou moins régulière, une hygrométrie assez élevée et une douceur des températures minimales de l'hiver à cause de la proximité de la mer. Ce sont, donc, des facteurs favorables à la présence d'un large éventail d'espèces forestières (richesse floristique) spécifiques à cette zone bioclimatique. Cependant un nombre élevé de jours de gel et la longueur de la saison sèche peuvent s'avérer comme des facteurs limitant la régénération après incendie mais aussi à tous les stades physiologiques notamment la croissance et la floraison. Selon la classification de QUEZEL (1980), la zone d'étude s'intègre dans l'étage de végétation thermoméditerranéen à variante chaude ( $m = 10,4^{\circ}\text{C}$ ).

Selon le diagramme représenté dans la figure 2.18, la zone littorale est caractérisée par un bioclimat humide et un bioclimat subhumide. Cette variété de bioclimat est due à la nature du relief de la bande côtière qui s'élève jusqu'à 1000 mètres par endroits. A proximité de la côte, le climat est moins frais qu'en allant vers les hauteurs des collines en hiver. La station de Boukhalfa présente des similitudes au niveau du climat avec la station de Cap Sigli malgré la présence de cette barrière de collines qui séparent les deux stations ainsi que l'éloignement de l'une par rapport à l'autre, ce qui peut permettre l'utilisation des données climatiques, plus fiables, de la station de Boukhalfa pour les besoins d'analyse des conditions météorologiques de certains grands incendies de forêts qui se déclarent dans les territoires des communes côtières.

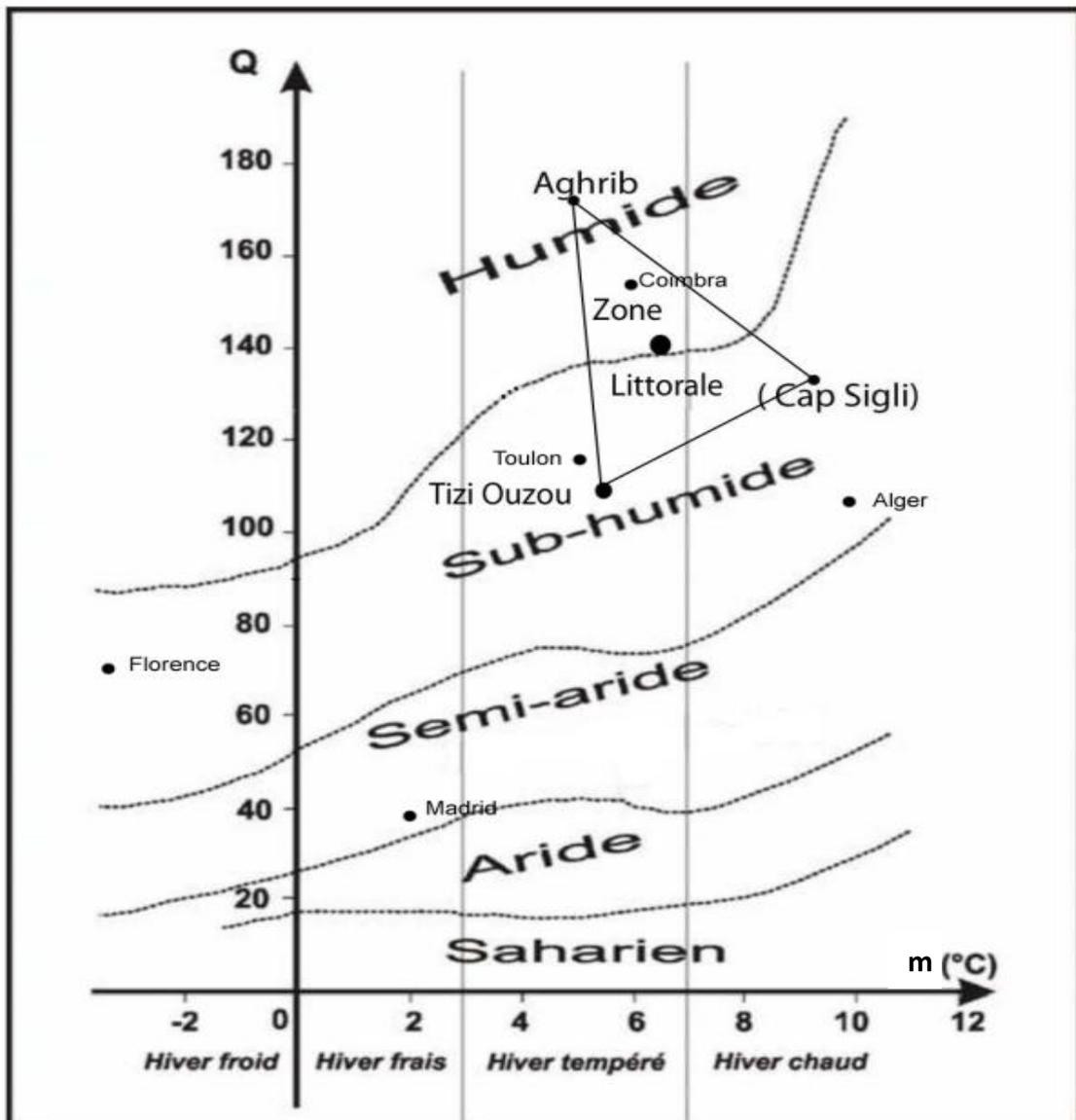
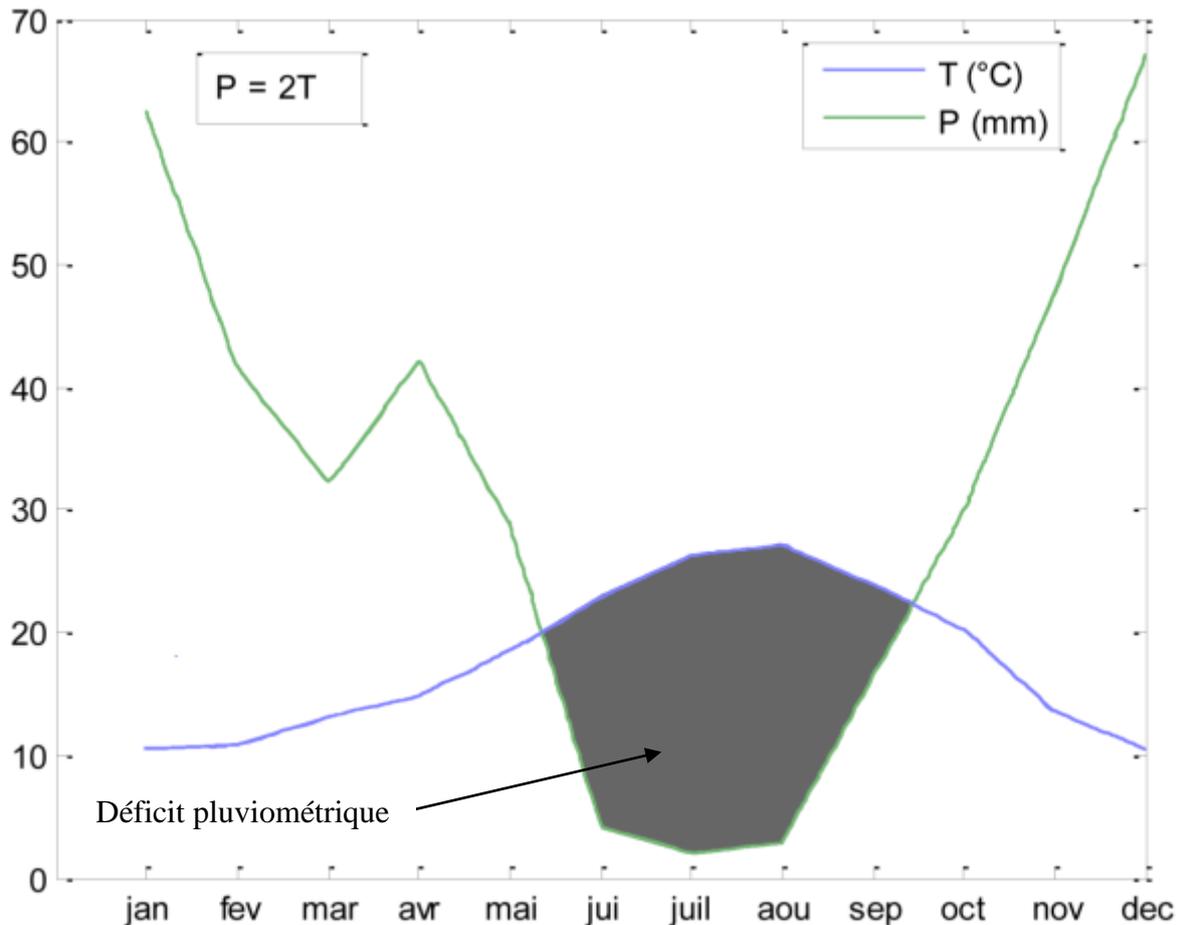


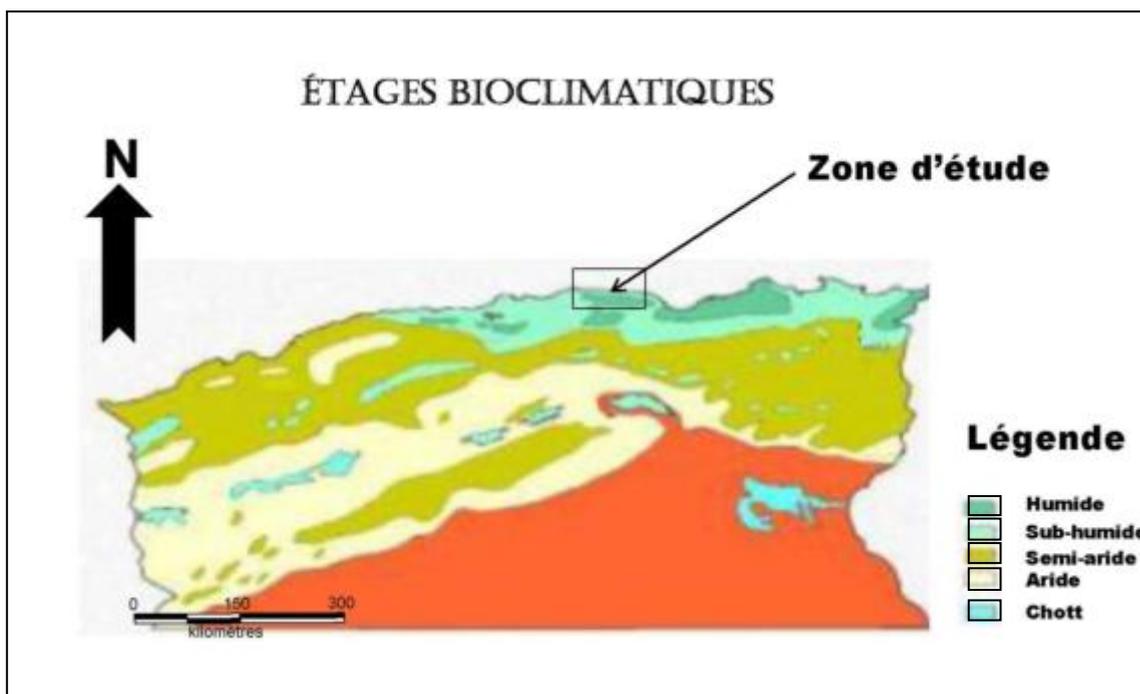
Figure 2.18 : Étage bioclimatique de la zone littorale sur le Climagramme d'EMBERGER

La figure 2.19 exprime la période de sècheresse qui commence de la première semaine du mois de juin jusqu'à la première semaine du mois d'octobre qui coïncide avec l'augmentation des températures moyennes mensuelles. Cela ne veut pas dire qu'il y a absence totale de pluies, mais toutes les quantités cumulées d'eau qui tombent ne suffisent pas à reconstituer la réserve en déficit à cette période de l'année, qui connaît la quasi-totalité des incendies de forêts.



**Figure 2.19 :** Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gaussen, station de Boukhalfa, période 1990-2009

La figure 2.20 illustre la présence dans la zone d'étude d'un étage bioclimatique subhumide et d'un étage bioclimatique humide, ce qui confirme les valeurs du quotient calculé pour les trois stations Aghrib, Cap Sigli et Boukhalfa.



**Figure 2.20 :** Étages bioclimatiques de l'Algérie du Nord (NEDJRAOUI et BEDRANI, 2008)

## 2.6 Aspect physionomique et floristique

La végétation actuelle du littoral kabyle est, comme le reste de la végétation caractérisant le bassin méditerranéen, le résultat de plusieurs centaines d'années de dégradation des forêts de la chaîne littorale. Il est de plus en plus rare de rencontrer des forêts proprement dites dans notre région d'étude. Des stades régressifs (sous appellation globale de Matorral), sont le type de végétation le plus fréquemment rencontré. Mais malgré cet aspect dominant de végétation dégradée, plusieurs types de formations végétales s'y rencontrent ; à savoir des forêts à base de Chêne-liège (*Quercus suber*) et des maquis (>2m) constitués d'un mélange d'espèces du groupement Chêne-liège, sur sol siliceux (acide), ainsi que des formations broussailleuses constituées de ligneux bas (< 2 m) qui se développent sur sol calcaire ou sur sol légèrement acide.

Les essences principales rencontrées sont les suivantes :

Le Chêne liège (*Quercus suber*), essence dominante, présente sur tout le massif côtier et gréseux. Le Chêne Zeen (*Quercus faginea*) et Chêne Afarès (*Quercus afares*), sont répandues sur les hauteurs des massifs littoraux. Le Pin d'Alep (*Pinus halepensis*), se développe dans les reboisements des zones littorales.

Les formations rencontrées sont différemment structurées. La distribution horizontale et l'agencement vertical de la végétation conditionne la physionomie finale des formations qui y sont présentes. La végétation peut être, ainsi, décrite à partir des taux de recouvrement des différentes strates de hauteur. Dans la zone d'étude, on distingue, en général, la présence de trois différentes strates : la strate herbacée, la strate arbustive et la strate arborescente.

Ces différentes strates de ligneux peuvent s'agencer et constituer des formations très fermées, avec un sous-bois très dense ce qui facilite la progression des flammes vers les strates supérieures.

Dans le contexte de la Kabylie maritime, les formations forestières sont plutôt compactes et fermées mais discontinues par des terres de parcours, des défrichements, des terrains agricoles et des habitations.

Chaque formation possède une physionomie particulière qui dépend des espèces qui la composent. Les forêts de Chêne-liège sont facilement reconnaissables à travers les cimes des arbres qui ont des formes plus ou moins arrondies et des ramifications complexes, elles se rencontrent, en général, sur les hauteurs entre 400 et 800 mètres d'altitude et occupent un vaste espace. Ce sont, généralement, des formations denses et difficiles d'accès à cause du sous-bois comme sur les hauteurs de Mizrana et d'Iflissen, ce qui n'est pas le cas pour les reboisements d'Eucalyptus d'Azefoun, par exemple, où les arbres sont plus hauts, les cimes sont en forme allongée et sont plutôt accessibles à cause de la faiblesse du sous-bois (figures 2.21 et 2.22).

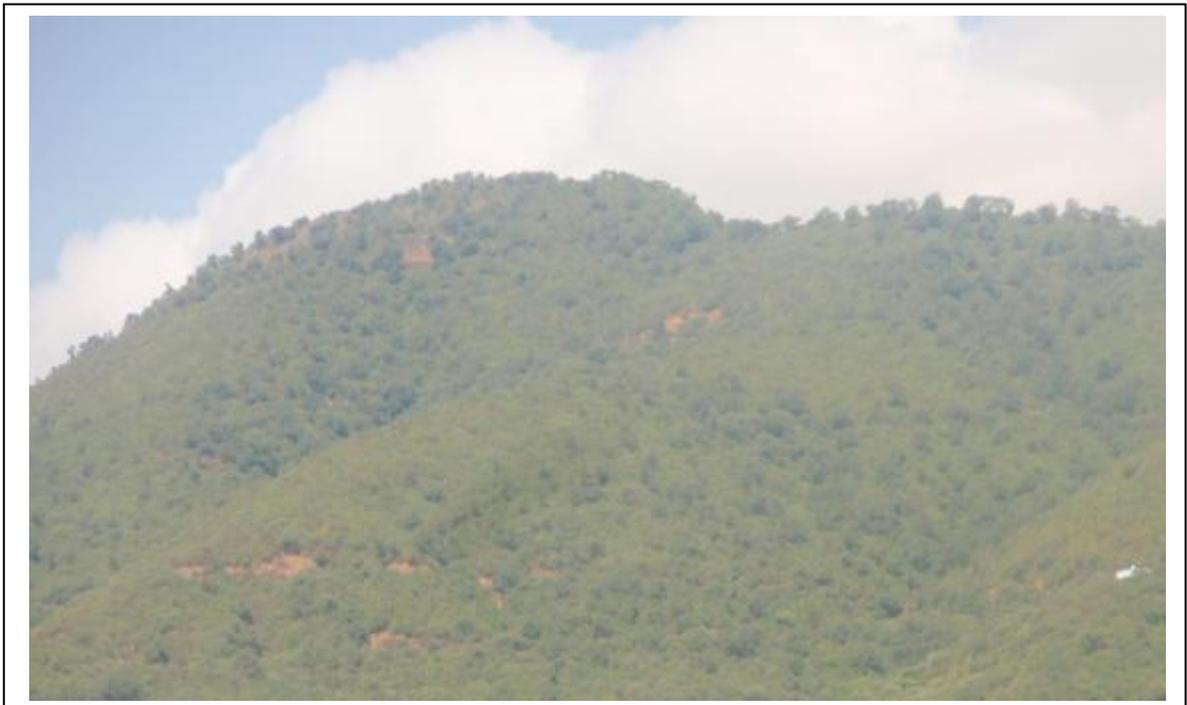


**Figure 2.21:** Formation d'Eucalyptus Sidi-Khelifa, Azefoun, Mars-2009



**Figure 2.22:** Formation de Chêne-liège Azroubar, Mizrana, septembre 2010

En ce qui concerne les maquis, ces derniers ont un aspect physiologique très proche de celui des forêts dégradées de Chêne-liège. Les arbres sont rabougris et la végétation est constituée d'arbres de petite taille et d'arbustes touffus et très difficiles d'accès (Figure 2.23).



**Figure 2.23 :** Formation de maquis sur versant sud, Mizrana, septembre 2010



**Figure 2.24** : Broussaille en feu, Iflissen, septembre, 2010

Le maquis se rencontre sur une large tranche altitudinale depuis la côte Kabyle jusque sur les hauteurs des collines côtières.

Les maquis correspondant à divers stades d'évolution régressive des subéraies (maquis haut et dense à *Ericacées*, maquis bas à *Cistes* ou *Cistaies*, etc...) et des maquis denses de l'*Oléolentisque* occupent une part de plus en plus prépondérante dans le paysage végétal, à la suite des pressions anthropozoïques récurrentes.

Les formations basses comme le matorral sont constituées d'un mélange d'espèces d'arbustes et d'herbacées occupant les espaces les plus touchés par le feu et par l'action du bétail.

Il est parfois difficile de distinguer le maquis bas de ce qui est appelé communément la « broussaille » du point de vue de la flore, à cause notamment de l'état de dégradation de cette dernière. Toutefois, la différence s'observe au niveau de la physionomie. La broussaille se distingue par son hétérogénéité physionomique, avec des végétaux de petites tailles (petits arbustes) qui la composent, souvent ouverte, alors que le maquis bas est plus dense, plus fermé et plus touffu avec une physionomie plus homogène et des individus de taille plus importante.

Les broussailles forment une mince couche de combustible constituée d'une seule strate, qui est généralement dense et fermée vers la côte méditerranéenne et plus ouverte sur les parcours

des hauteurs. Elles sont rencontrées à toutes les altitudes et constituent un stade avancé de la dynamique régressive de la végétation forestière.

La broussaille évoquée ici n'a pas une signification écologique *stricto-sensu*. Cette appellation de broussaille est attribuée aux formations basses qui peuvent être aussi bien des maquis au stade plus dégradé ou pas suffisamment développés, que des strates arbustives assez différenciées, comme la garrigue et la plupart du temps au mélange d'espèces indicatrices de milieu dégradés qui forment une seule strate.

La présence de formations dégradées est, sans conteste, le résultat de l'action du feu et du surpâturage à travers le temps, mais aussi de la présence de facteurs écologiques limitant le retour de la forêt, à l'image de l'irrégularité des précipitations, de la sécheresse estivale, des différents accidents climatiques (sécheresse hivernale, pluies torrentielles qui causent la dégradation des sols...).

En réalité, la végétation de la Kabylie maritime est une association assez complexe entre terres de parcours broussailleux (matorral ouvert) et maquis fermé, car l'occupation par la forêt reste faible avec 19 % du couvert total.

En Kabylie maritime, il existe trois principales forêts qui totalisent environ 4000 hectares, constituées en majorité de Chêne-liège. Il s'agit de la forêt de Mizrana (2 233,84 ha), Béni Djenad (543,86) et Tigrine (1 047,06 ha).

La forêt de Mizrana et celle d'Abberane (forêt de Béni Djenad) sont constituées principalement de Chêne-liège (*Quercus suber*), auquel vient se mélanger parfois le Chêne zeen (*Quercus canariensis*) qui trouve des conditions propices pour s'y installer suite aux différents incendies au niveau de la subéraie, mais aussi du maquis arborescent. Il en est de même pour la forêt de Tigrine.

Le groupement Chêne-liège est caractérisé par une strate arbustive composée essentiellement d'*Erica arborea* (Bruyère), *Arbutus unedo* (Arbousier), *Rubus ulmifolius* (Ronce), *Rosa sempervirens* (Rosier), *Myrtus communis* (Myrte) et *Phillyrea media* (Phyllaire à feuilles intermédiaires). La strate herbacée est caractérisée en général par un taux de recouvrement assez faible où on note la présence de *Pulicaria odora*, *Galium elipicum* (Gaillet), *Ampelodesma mauritanica* (Diss).

Le Chêne liège est constitué de deux faciès au niveau de la forêt de Béni Djenad :

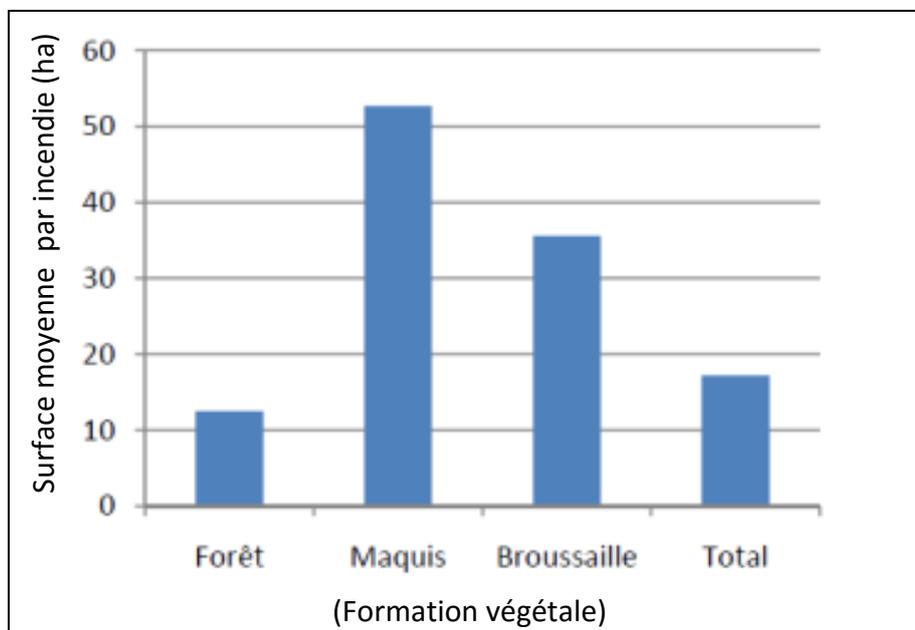
-faciès littoral à oléo-lentisque caractérisé par : Oléastre, Genêt, Ciste, lentisque, Ronce et Cytise ;

-faciès montagnard à cytise caractérisé par : Cytise, Bruyère, Phyllaire, Arbousier, Viorne tin, Ciste de Montpellier et Fougère.

En revanche, le reboisement industriel d’Azeffoun est dominé par une strate arborescente d’Eucalyptus et de résineux, accompagnée par une strate arbustive et une strate herbacée du groupement Chêne-liège et des pins introduits ainsi que des maquis. La strate arbustive est constituée essentiellement de *Pistacia lentiscus* (Lentisque), *Daphne gnidium*, *Erica arborea*, *Cistus monspeliensis* (Ciste de Montpellier), et *Calycotome spinosa* (Calycotome épineux).

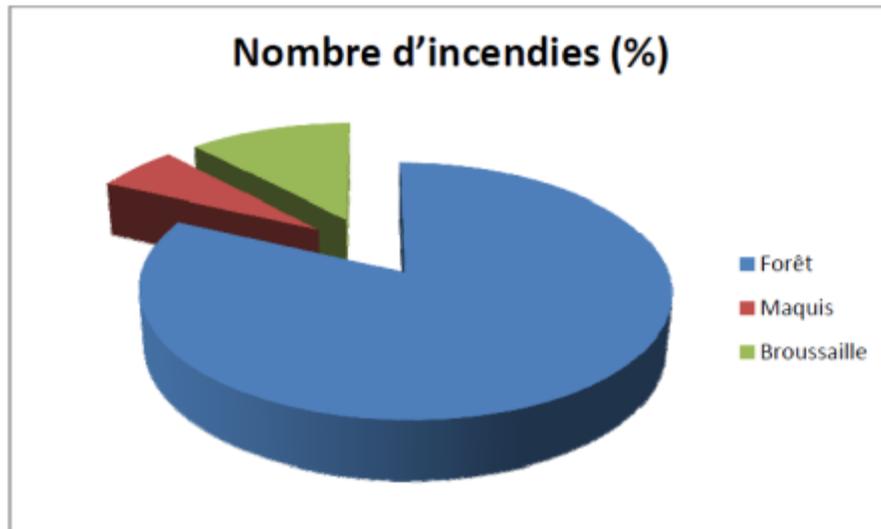
Les essences allochtones, dites à croissance rapide, sont représentées dans les boisements artificiels, essentiellement par divers Eucalyptus (*E.globulus*, *E.sideroxylon*, *E.gomphocephala*, *E.cladocalyx*, *E.botryoides*, *E.occidentalis*, *E.maideni*) et Pins (*Pinus pinaster*, *Pinus pinea*, *Pinus canariensis*).

Les incendies touchent toutes ces formations sans exception, mais avec des proportions qui sont très variables d’une formation à une autre. En effet, si l’on tient compte de la seule valeur du feu moyen, le maquis perd des surfaces plus importantes que la forêt à chaque incendie, ici l’exemple d’Azeffoun (figure 2.25).

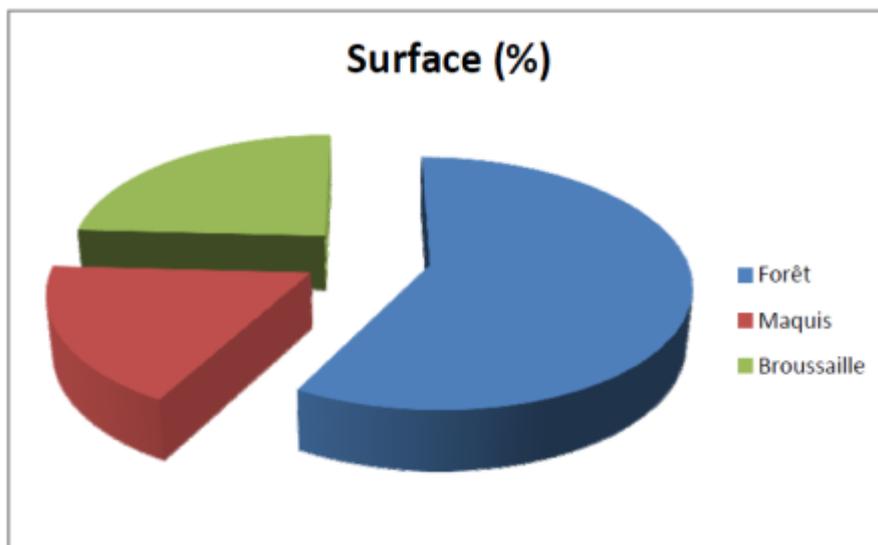


**Figure 2.25** : Surface moyenne incendiée par formation végétale, Azeffoun (1990- 2009)

Mais si l'on ne prend en considération que la surface totale incendiée, celle-ci est beaucoup plus importante en forêt comparée au maquis et à la broussaille. Néanmoins, la broussaille brûle plus fréquemment que le maquis et a perdu plus de surface que celui-ci (figure 2.26). Les différentes études effectuées à l'échelle nationale (ARFA, 2010) et à l'échelle locale (BELKAID, 2009), montrent que la forêt est la formation qui brûle le plus, loin devant le maquis et la broussaille, avec plus de 60 % de superficie totale brûlée (figures 2.26 et 2.27).



**Figure 2.26** : Nombre d'incendies par formation végétale, Azeffoun (1990-2009)



**Figure 2.27** : Surface totale incendiée par formation végétale, Azeffoun (1990- 2009)

Il est actuellement difficile d'établir avec précision laquelle des trois formations caractérisant la zone côtière Kabyle, est réellement plus sensible au feu que l'autre, car du point de vue des

statistiques, il y a plus d'incendies qui touchent les forêts que les maquis ou les broussailles, mais du point de vue de l'inflammabilité et de la combustibilité le maquis et la broussaille sont plus sensibles.

La sensibilité d'une formation végétale au feu évolue en fonction de la combustibilité des espèces qui la composent. Certaines espèces sont plus résistantes au feu que d'autres car un feu peut parcourir une formation mais ne pas la brûler complètement à cause notamment de cette résistance (écorce très épaisse, arbres très hauts, absence de sous-bois,...).

Sur le plan floristique, les espèces les plus fréquentes sont celles rencontrées dans les subéraies, ou dans les formations issues de la dégradation des subéraies :

<i>Cytisus villosus</i>	<i>Crataegus monogyna</i>	<i>Asparagus acutifolius</i>
<i>Arbutus unedo</i>	<i>Galium scabrum</i>	<i>Eryngium tricuspdatum var. bovei</i> ,
<i>Daphne gnidium</i>	<i>Asplenium onopteris</i>	<i>Carex halleriana</i> ,
<i>Phillyrea media</i>	<i>Geranium purpureum</i>	<i>Pulicaria odora</i>
<i>Plagius maghrebinus</i>	<i>Rubia peregrina</i>	<i>Smilax aspera var. mauritanica</i>
<i>Myrtus communis</i>	<i>Rubus ulmifolius</i>	<i>Clinopodium arundanum</i> ,
<i>Dioscorea communis</i>	<i>Brachypodium sylvaticum</i>	<i>Prunella vulgaris</i>

Les maquis sublittoraux, le manteau pré-forestier des subéraies, traduisent des incendies fréquents. Certaines espèces, assez communes, sont donc liées à une importante pression anthropozoïque telles que :

*Calycotome spinosa* et *Ampelodesma mauritanica*, pour les incendies.

*Asphodelus ramosus* et *Ferula communis*, pour le surpâturage.

Lorsque la forêt est trop souvent incendiée, elle est remplacée progressivement par le maquis caractérisé par sa structure très fermée, dominé par des espèces végétales très sensibles au feu (pyrophytes) tels que le calycotome, l'arbousier, le ciste à feuille de sauge, le ciste de Montpellier, la filaire et la bruyère arborescente (MOLINIER, 1977).

## 2.7 Gestion forestière et organisation territoriale

La propriété forestière et alfatière algérienne qui se compose de 4,1 millions d'hectares de couverture forestière (naturelle et artificielle), de 3 millions d'hectare de terres agro-sylvo-pastorales et de 2,6 millions d'hectares de nappes alfatières est régie par la direction générale des forêts (DGF) qui relève du ministère de l'agriculture et du développement rural.

La DGF est représentée au niveau de la wilaya par la conservation des forêts (CF), qui est une direction qui se charge de la gestion des forêts au niveau départemental. Cette dernière est divisée en circonscriptions qui sont des entités administratives locales dont la mission porte sur le volet opérationnel, à savoir, la gestion, la protection, l'exploitation et le développement rural.

Le domaine forestier concerné par notre étude est régi par la conservation des forêts de la wilaya de Tizi Ouzou, qui est rattachée au Ministère de l'agriculture et de développement rural. Elle est subdivisée en quatre circonscriptions à savoir ; la circonscription de Tizirt, la circonscription d'Azeffoun, la circonscription d'Azazga et la circonscription de Draâ Ben Kheda (figure 2.28).



**Figure 2.28 :** Carte de découpage administratif de la conservation des forêts de Tizi Ouzou.

Les deux circonscriptions respectives qui s'occupent de la gestion du domaine forestier de la façade littorale où se trouve notre terrain d'étude, sont celle de Tizirt et celle d'Azeffoun.

L'organisation territoriale de la circonscription est basée sur une délimitation hiérarchisée de l'étendue boisée. Elle est divisée en Districts, terme qui désigne généralement un vaste domaine forestier, comme le District de Mizrana pour la circonscription de Tizirt et le

District d'Aït Chafaâ pour Azeffoun. Ces derniers sont subdivisés en Triages qui eux même se divisent en Cantons, qui représentent les unités de base de ce système.

Ces forêts sont essentiellement composées de chênes qui couvrent une superficie d'environ 33 500 ha, et les boisements artificiels couvrant une surface de 14 500 ha pour la seule wilaya de Tizi Ouzou (tableau 2.2).

Les ensembles forestiers constituant le patrimoine sont présentés dans le tableau suivant :

**Tableau 2.2:** Principales forêts de Tizi Ouzou

<b>Forêt Domaniale</b>	<b>Superficie (ha)</b>
Akfadou	4 628,12
Beni Ghobri	5 721,86
Taksebt	1 266,08
Bou Mahni	3 359,17
Beni Khalfoune	775,09
Djurdjura	791,01
Moulay Yahia	813
Mizrana	<b>2 233,84</b>
Béni Djenad	<b>543,86</b>
Tamgout	3 698,86
Tigrine	<b>1 047,06</b>
Azouza	2 157,62

La circonscription de Tizirt se charge de la gestion des massifs forestiers de **Mizrana** et de **Béni Djenad**. La forêt de **Tigrine** (Aït Chafaâ), et les reboisements industriels d'Azeffoun sont gérés par la circonscription d'Azeffoun.

La partie Est de la wilaya de Tizi Ouzou (Azazga, Bouzeguene et Zekri), composée aussi de Chêne-liège, Chêne zeen et Chêne afarès, englobe les forêts de Béni Ghobri, Akfadou, Azouza, Taksebt et Tamgout.

La partie sud- ouest (Draâ El Mizan, Tizi Ghenif et Sidi Ali Bounab) composée de forêts de Chêne-liège à l'état dégradé, est constituée des forêts de Boumahni, Beni khelfoune, Moulay Yahia et Larbâa.

La partie sud (chaîne du Djurdjura, de Boghni au col de Tirourda) est composée de Cèdre et de Chêne vert (DGF, 2010).

## 2.8 Utilisation de l'espace

La surface totale des communes côtières est de 372 km<sup>2</sup> et leur population est estimée à 58 364 habitants, soit 156 habitants /km<sup>2</sup> (RGPH<sup>14</sup>, 2008). Le développement du littoral est perceptible à travers la croissance du nombre de constructions publiques et privées. Des sites naturels ont été littéralement transformés par l'urbanisation, ce qui fait que l'espace littoral non construit diminue de plusieurs kilomètres au profit des résidences principales et secondaires, isolées ou groupées. La morphologie du tissu urbain est fortement conditionnée par la topographie de la côte Kabyle et selon les services chargés de la protection du littoral, le linéaire côtier construit est estimé à 11,93 % du total linéaire côtier.

L'extension des agglomérations se fait de façon anarchique et désordonnée par des constructions individuelles qui conduisent au mitage des espaces naturels et font apparaître un urbanisme linéaire diffus. Il y a lieu de signaler l'importance de la zone de l'habitat éparé pour les communes de Mizrana, Iflissen et de Tizirt. Celui-ci représente 48 % de l'habitat total de Mizrana, 36 % d'Iflissen et seulement 10 % de Tizirt.

En termes de domaine littoral, la commune d'Azeffoun dispose de la plus grande surface dans toute la région, avec aussi le plus grand linéaire côtier et terrestre comme le montrent les chiffres du tableau 2.3.

**Tableau 2.3 :** Données relatives au domaine littoral (C.A.L<sup>15</sup>, 2002)

Communes	Surface (km <sup>2</sup> )	Surface domaine littoral (km <sup>2</sup> )	% domaine littoral/ surface de la commune	Linéaire côtier (km)	Linéaire terrestre (km)	Surface de la zone de servitude (km <sup>2</sup> )
Mizrana	53,56	7,33	13,69	5,13	5,09	1,40
Tizirt	38,35	9,60	25,03	6,88	9,46	1,90
Iflissen	67,29	22,82	33,91	15,10	17,01	4,14
Azeffoun	<b>127,3</b>	<b>47,37</b>	<b>37,21</b>	<b>27,47</b>	<b>39,62</b>	<b>7,92</b>
Ait Chafaa	85,80	16,21	18,89	6,85	13,66	1,89
<b>Total</b>	<b>372,3</b>	<b>103,33</b>	<b>27,25</b>	<b>61,43</b>	<b>84,84</b>	<b>17,25</b>

<sup>14</sup> Recensement Général de la Population et de l'Habitat

<sup>15</sup> Commissariat algérien du littoral

**Tableau 2.4 : Superficie de l'espace urbain**

Communes	Superficie de l'espace urbain (ha)
Tigzirt	93,38
Iflissen	08,06
Azeffoun	11,06

La commune de Tigzirt est la plus urbanisée des cinq communes littorales (tableau 2.4) avec 93,38 ha. Malgré la présence d'un tissu urbain bien différencié, les communes de Mizrana et d'Aït Chafaâ restent les moins pourvues en la matière.

Le tissu urbain est en permanente extension ce qui rend provisoire les chiffres avancés. Ils sont donnés à titre indicatif.

Le domaine littoral Kabyle est aussi un espace rural où plusieurs activités agricoles sont recensées. Ces dernières varient d'une commune à une autre, mais l'élevage d'animaux bovins, ovins et caprins reste une activité très répandue.

Compte tenu de la nature du relief et de la surface agricole, certaines cultures sont moins présentes que d'autres, comme le montre le tableau 2.5 ; la culture oléicole et les cultures maraîchères sont les deux principales cultures de la région.

L'espace littoral Kabyle est utilisé pour l'habitat, les infrastructures et l'agriculture.

**Tableau 2.5: Principales productions du domaine littoral Kabyle**

Communes	Céréales d'hiver (t)	Légumes (t)	Cult. maraîchères (t)	Récolte oléicole (t)
Tigzirt	0	6	160	16
Azzefoun	60	15	471,5	178,5
Iflissen	2	19	263,40	45
Ait Chafaa	50	10	199,04	124,45
Mizrana	0	9	<b>317,92</b>	<b>238,35</b>
<b>Total</b>	112	59	1411,22	602,30

## 2.9 Choix du terrain d'étude

La démarche consiste à chercher des explications à la fréquence élevée d'incendies de forêt dans la région de Kabylie en allant plus dans le détail de son terrain, c'est-à-dire prospecter à l'échelle de ses communes, voire de ses villages et de ses hameaux pour la mise en évidence et l'explication des rapports des variables spatiales influençant le phénomène d'incendie. Cet exercice nécessite un examen plus approfondi c'est à dire à une échelle spatiale plus fine et la Kabylie maritime avec ses fréquences d'incendies supérieures à la

moyenne, paraît comme le terrain adéquat à une analyse des différents paramètres qui entrent dans l'occurrence du feu et de sa diffusion.

Pour ce faire, nous avons choisi les cinq communes maritimes de la wilaya de Tizi Ouzou (Mizrana, Tizirt, Iflissen, Azeffoun et Aït Chafaâ) qui cumulent annuellement un nombre très considérable d'incendies de forêts.

La précédente présentation de la forêt algérienne a décliné un certain nombre de caractéristiques communes à la région méditerranéenne, notamment climatiques, mais aussi certaines spécificités locales liées à la structure et à la composition de sa flore ainsi qu'à l'occupation du sol. Cependant, le contraste est saisissant quant au nombre d'incendies qui se produisent annuellement dans cette zone aussi restreinte, par rapport au reste du territoire de la Kabylie voire de toute l'Algérie pour certaines années. C'est le principal trait original de ce terrain. Les dégâts engendrés sont également très considérables et ce, malgré la proximité de la mer et l'exposition nord de son relief.

La wilaya de Tizi Ouzou, à laquelle appartient ce terrain d'étude, est classée première à l'échelle nationale en terme de départs de feux (2 834 pour la période 1985-2006) et troisième en terme de superficies incendiées (63 000 pour la même période) après Bejaïa, qui est aussi une ville Kabyle et Skikda qui se situe plus à l'Est du pays.

L'objectif est non seulement de comprendre les raisons de déclenchement d'un aussi grand nombre d'incendies qui dégradent les espaces forestiers de la Kabylie maritime, mais de chercher s'il existe un lien direct entre les conditions météorologiques et les surfaces brûlées (voir chapitre 5).

La zone d'étude est composée de deux parties importantes à savoir la bande littorale plus nette à l'Est et la partie montagneuse de hauteur modérée qui surplombe le littoral. Bien que ces deux parties ne constituent qu'un seul ensemble physique, elles ne présentent pas le même degré de perturbation, ni les mêmes conditions écologiques.

La déclivité du terrain sur une dizaine de kilomètres, confère une certaine hétérogénéité aux différents facteurs en allant des bas-fonds aux crêtes, notamment, les précipitations, les températures, l'exposition, la nature des sols, l'humidité atmosphérique et le facteur humain. Par conséquent, différents stades dynamiques de la végétation apparaissent (forêt, maquis, garrigue et pelouse).

La concentration des populations sur ce territoire est partiellement encouragée par la douceur du climat et la présence de certaines opportunités économiques offertes par la proximité de la mer. Ces conditions ont généré une attraction des habitants des villages voisins pour s’y installer. La densité démographique est plus importante aux abords de la côte que sur les collines qui portent la majorité des villages côtiers. Les habitations sont individuelles, groupées ou diffuses, et se répandent un peu partout sur les collines côtières. Elles sont généralement construites en marges des agglomérations semi-urbaines et constituent une extension moins nette que celles des villes côtières. Les habitations collectives se rencontrent dans les centres ville.

En résumé, le choix de ce terrain répond à des critères concrets sur lesquels est basé notre questionnement, à savoir : le nombre élevé d’incendies par rapport aux autres régions du pays, la particularité du climat avec la proximité de la mer, la présence de différents stades dynamiques de la végétation, la topographie, la présence humaine et la disponibilité de certaines données qui servent à l’analyse et à l’interprétation des résultats.

**Tableau 2.6:** Quelques données sur les incendies des communes maritimes (1986-2001)

Communes	Nombre de feux	Superficie brûlée (ha)	% des incendies	Feux moyens (ha)
<b>Ait Chafaa</b>	42	3 487,5	5,5	83,03
<b>Azzefoun</b>	175	4 340	22,6	25,42
<b>Iflissen</b>	324	5 028	42,8	15,15
<b>Mizrana</b>	133	2 499,3	17,6	18,79
<b>Tigzirt</b>	83	1 600,5	11	19,28

Les forêts de la région de Kabylie, de par leur composition et leur structure, sont particulièrement sensibles aux incendies et constituent de fait un objet d’étude d’une grande importance. Les fréquences élevées d’incendies qu’elles enregistrent, sont l’un des éléments qui suscitent l’inquiétude des spécialistes en la matière. Les forêts côtières kabyles n’échappent pas à la logique des conditions *pyro-climatiques* qui, indirectement, continuent à façonner le paysage végétal de cette contrée. Chaque année un nombre important d’incendies élimine des centaines d’hectares de végétation forestière dans cette localité.

La « *matorralisation* » des paysages forestiers de cette partie de la Kabylie est due, en particulier, à la récurrence intempestive des feux qui ne laissent pas le temps nécessaire à la reprise végétative et à la cicatrisation de la végétation après incendie.

## **Conclusion**

De par sa situation géographique et ses caractéristiques bioclimatiques, la Kabylie maritime est, aussi, un domaine forestier où se croise le rural et l'urbain et où les pratiques se partagent entre modernité et sécularité.

Le cadre géomorphologique confère à cette contrée un aspect de moyenne montagne où sont rencontrées plusieurs formations végétales de type méditerranéen, ceci offre au phénomène de l'incendie de forêt un cadre particulièrement favorable à son développement.

Les conditions climatiques estivales constituent le facteur principal de l'apparition massive des feux de forêts. Ce phénomène est aggravé par la progression de l'habitat rural qui favorise le mitage en plus de l'ancrage culturel de la pratique du feu dans les milieux de pâture.

La fréquence des incendies varie considérablement d'une commune à l'autre, la commune d'Iflissen enregistre le nombre le plus élevé sur les cinq communes étudiées avec un pourcentage de 42,8 %.

## **CHAPITRE 3**

### **Caractérisation des incendies en Kabylie maritime**

Le classement établi dans le premier chapitre sur les wilayas touchées par les incendies, a sommairement révélé l'importance de ces derniers au niveau de la région centre-nord, c'est-à-dire de la Kabylie et de ses environs, par rapport aux autres régions d'Algérie. En effet, la caractérisation des incendies de forêt en Kabylie a permis de ressortir les traits spécifiques de cette exception régionale et de connaître l'évolution de ce phénomène dans l'espace et à travers le temps. Pour ce faire, la Kabylie maritime, avec ces cinq communes littorales, apparaît comme une exception locale pour l'ensemble de la région de Kabylie en termes d'incendies de forêts, car elle cumule le nombre le plus élevé d'incendies en moyenne annuellement, à en croire les données disponibles. C'est en quelque sorte l'exception locale d'une exception régionale, qui elle-même constitue une exception nationale en termes de départements de feux.

Par ailleurs, il est utile de mettre en évidence l'ampleur du préjudice qu'engendrent les incendies de forêts à haute fréquence pour montrer leur caractère catastrophique et leur impact sur les écosystèmes forestiers et pré-forestiers. Il s'agit, entre autres, de tenter de comprendre les différents mécanismes de fonctionnement à travers l'analyse de certaines données et certaines informations du terrain (éclosion, propagation, cause, environnement,...).

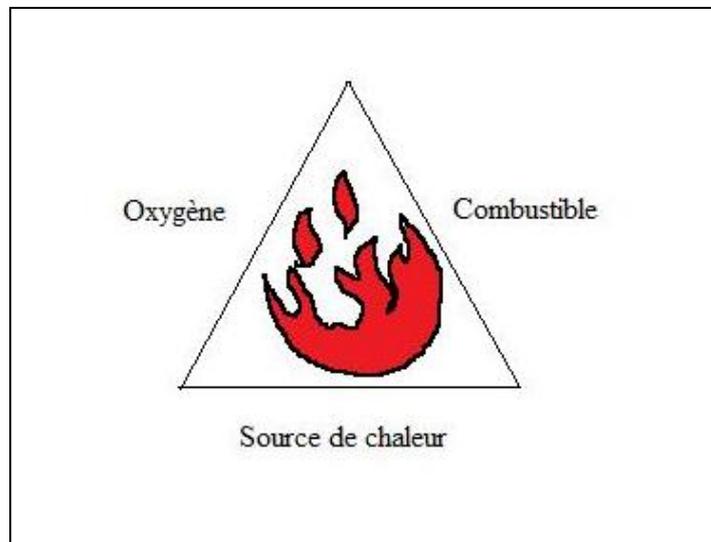
Il est, donc, indispensable de disposer de certains éléments d'information sur les incendies pour mieux comprendre les raisons de leur existence avec un tel nombre. Mais avant cela, il est nécessaire de rappeler certains fondamentaux de l'aspect physique et de l'aspect environnemental du feu.

### 3.1 Définition de l'incendie

Plusieurs définitions ont été proposées pour définir l'incendie de forêt et parmi elles, celle de TRABAUD (1992), qui définit l'incendie comme « *une combustion qui se développe sans contrôle dans l'espace et dans le temps. L'incendie de forêt s'alimente de tous les combustibles possibles et ainsi se propage jusqu'à l'épuisement de ceux-ci.* »

Pour qu'un feu se déclare, il faut la coïncidence de trois facteurs ; une source de chaleur, un combustible et un comburant (l'oxygène à l'état gazeux). Cette configuration s'appelle le triangle du feu. L'absence de l'un de ces trois éléments, rompt le processus physico-chimique de la combustion et l'incendie s'arrête.

Ils se déclenchent dans des zones de végétation arborée, arbustive et herbacée qui se propagent sur au moins un hectare pour être considérés en tant que tels.



**Figure 3.1:** Schéma du triangle du feu

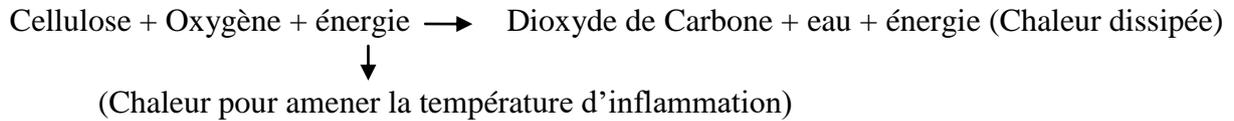
### 3.2 Écllosion

C'est la naissance ou l'apparition des premières flammes susceptibles d'atteindre une certaine taille pour constituer un feu. Une flamme de la taille de celle d'une bougie ou d'une allumette est capable de déclencher un incendie.

La flamme peut avoir des origines diverses: un mégot, une braise mal éteinte après bivouac ou écobuage, une étincelle d'engin mécanique, un arc électrique d'une ligne haute tension, la foudre, une allumette, etc. La constance de cette minuscule source de chaleur et l'énergie produite par celle-ci peut être suffisante pour atteindre le point d'ignition dans certaines conditions propices (sécheresse, vent...) et de démarrer une suite de réactions exothermiques

qui s'alimentent de l'oxygène disponible dans l'air ambiant et de la source du carbone disponible dans le combustible végétal.

\*Réaction de la combustion



Une simple flamme en milieu buissonnant est capable de se développer et de se transformer en un véritable incendie quelques moments après son apparition, notamment en période estivale. L'éclosion ou le début de l'incendie est l'étape où ce dernier présente des flammes relativement plus importantes que celles de la source de départ. Néanmoins, ces flammes naissantes occupent une surface très réduite au départ et ce sont les conditions du jour (chaleur, vent et humidité), l'état hydrique du combustible végétal, sa densité, sa disposition spatiale et le type du relief qui déterminent l'évolution ou non vers un incendie. Ceci dit, il n'y a qu'un certain pourcentage de feux naissants qui ont la possibilité de se développer et de se propager pour atteindre plus d'un hectare de surface.

En Kabylie, 4 incendies sur 10 ont lieu durant les journées les plus chaudes de l'année, c'est-à-dire au mois d'août et 3 feux sur 10 finissent avec un bilan de plus de 10 ha de surface végétale détruite.

« *L'éclosion dépend de la probabilité d'occurrence de facteurs favorables à la mise à feu et l'extension de la flamme initiale* » (CARREGA, 1992). C'est le cas, notamment, de la capacité de la végétation à s'enflammer, qui constitue l'un des éléments important dans l'occurrence du feu.

### ➤ **Inflammabilité**

« *Elle est à la fois la propriété de s'enflammer et la facilité avec laquelle les éléments fins d'une espèce végétale prennent feu* » (VELEZ, 1996). Elle représente aussi le temps écoulé jusqu'à l'émission de gaz inflammables et traduit le risque d'éclosion d'un incendie (VALETTE, 1988 ; CARREGA, 1994). L'inflammabilité conditionne la combustibilité. Elle est également la possibilité de démarrer et de diffuser un incendie (BEHM et *al.*, 2004 in PAUSAS et PAULA, 2005).

La matière ligneuse s'enflamme plus ou moins facilement lorsque certaines conditions le permettent, comme la baisse de l'humidité de l'air et la hausse des températures en été.

L'hygrométrie élevée limite sensiblement l'inflammabilité des végétaux en hiver, mais il existe des incendies qui se déclarent en cette saison à cause du gel qui empêche la végétation d'absorber l'humidité de l'air, ce qui confère à celle-ci un état similaire à une forte déshydratation. En Kabylie, les incendies ont lieu exclusivement en été. Les incendies d'hiver sont très rares voire nuls.

### **3.3 Propagation**

C'est la capacité d'un incendie à se répandre dans l'espace en fonction des facteurs environnementaux, comme la structure végétale, le type de combustible, la topographie et les conditions climatiques, comme le vent, qui peuvent être favorables ou défavorables à son évolution, mais aussi en fonction de la combustibilité des espèces.

#### **➤ Combustibilité**

*« C'est la manière dont les végétaux se consomment une fois qu'ils sont enflammés. C'est aussi une oxydation vive, fortement exothermique, elle permet d'évaluer la part du risque lié à la puissance qu'atteindra le feu. Elle s'effectue selon deux étapes ; une combustion sans flammes (pyrolyse) et une combustion avec flammes » (DELAVAUD, 1981).*

Elle se définit aussi comme la propriété qu'a un végétal ou un ensemble de végétaux à propager le feu (ALEXANDRIAN et al., 1992).

La végétation prend feu en s'enflammant et la persistance des flammes naissantes, provoque la combustion de la matière ligneuse. Dans le cas d'un feu de forêt, toute progression de ce dernier requière une bonne combustibilité de la végétation.

#### **3.3.1 Relation propagation-stratification**

Le feu détruit aussi bien les éléments fins comme les feuilles, les bourgeons et les petites branches d'un arbre que les éléments plus épais comme les troncs et les grosses branches. Cependant, la diffusion se produit différemment selon la structure et l'organisation spatiale du couvert végétal rencontré et sa composition floristique. De ce fait, le feu progresse plus vite et prend de l'ampleur si le volume ligneux est fortement consistant. La stratification est un élément de la combustibilité de la végétation ; plus le nombre de strates diminue moins le feu progresse et inversement. La présence de plusieurs strates de combustible ; herbacée, arbustive et arborée, est, donc, un facteur favorisant la progression de l'incendie compte tenu du volume ligneux disponible.

La vitesse de propagation dépend de l'intensité du feu, qui elle-même est fortement conditionnée par le nombre de strates verticales qui composent une formation végétale donnée et surtout la présence ou l'absence de contact entre elles.

Le feu se propage en brûlant les herbes et la couche superficielle de la litière pour ensuite passer aux ligneux bas, puis aux ligneux hauts. C'est comme monter une échelle et à chaque étape le feu s'alimente davantage pour passer à l'étape suivante.

Les forêts de la Kabylie présentent cette caractéristique de la présence d'un épais sous-bois qui sert de « *marchepied* » pour que le feu puisse atteindre les arbres d'une certaine hauteur. L'absence d'une strate intermédiaire dans certains peuplements peut limiter l'atteinte des arbres. L'exemple le plus édifiant, est celui des forêts de Chêne Zeen qui ne brûlent quasiment pas à cause de l'absence du sous-bois. Ces forêts ne présentent que deux strates ; la strate herbacée et la strate arborescente, l'absence d'une strate intermédiaire empêche le feu de grimper et d'atteindre les cimes des arbres. Mais la progression de l'incendie se fait en même temps dans le sens horizontal de la disposition de la végétation

En Kabylie maritime, la végétation est inégalement répartie dans l'espace, le taux de recouvrement varie considérablement d'un endroit à un autre, avec plusieurs coupures et discontinuités dans le couvert végétal. La répartition hétérogène de la végétation influence considérablement la progression d'un feu, son évolution est fonction de la quantité du combustible qu'il rencontre sur son passage et la principale contrainte consiste en la présence de ces discontinuités. L'homogénéité ou non des formations végétales conditionnent fortement le comportement d'un feu notamment sa puissance.

Par ailleurs, la combustibilité d'un volume ligneux donné, dépend de sa répartition, de son organisation spatiale, de son agencement et de la densité qui joue un rôle dans le contact entre les éléments et la continuité du système combustible. Le feu ne perd pas de son intensité et se propage facilement si la végétation est dense. Et à l'inverse, une faible densité végétale crée des espaces entre les éléments du système combustible, par conséquent, une faiblesse de la progression du feu. D'après le "*Guide Technique du Forestier Méditerranéen Français*" édité par le *Cemagref*, les discontinuités naturelles ou induites dans la répartition du combustible ralentissent considérablement la progression du feu, d'où l'aménagement, par exemple, de coupe-feux.

### 3.3.2 Relation propagation-composition du combustible

La sensibilité d'une formation végétale au feu, comme on vient de le citer, dépend de la stratification et du volume ligneux, mais aussi de la part des espèces inflammables et combustibles qui y sont présentes. La propagation peut, ainsi, dépendre de l'espèce ou des espèces dominantes dans une formation ou dans une association végétale donnée.

Les études qui ont été réalisées sur l'inflammabilité et la combustibilité des espèces en région méditerranéenne (VALETTE, 1974 ; 1990 ; DELABRAZE, 1974 ; ...) ont montré que ces dernières (inflammabilité et combustibilité) pouvaient varier considérablement d'une espèce à une autre et chaque espèce possède une note d'inflammabilité et une note de combustibilité qui lui sont propres, selon la saison ou le mois. « *La combustibilité caractérise plutôt une formation végétale entière avec les différentes strates qui la composent* » (ALEXANDRIAN et al., 1992). D'ailleurs, la combustibilité est corrélée à la composition et à la quantité de biomasse combustible (volume ou structure du peuplement) (DAGORNE, DUCHE, CASTEX et OTTAVI, 1994).

L'inflammabilité considérée ici est la possibilité de démarrer un incendie et la combustibilité c'est la possibilité de le diffuser (PAUSAS et al., 2005). Cette dernière est liée à la structure des plantes et aux caractéristiques de leurs tissus (BEHM et al., 2004 in PAUSAS et al., 2005).

La sensibilité des forêts méditerranéennes au feu dépend des essences qui les composent. Ces essences sont en majorité des chênes et des pins. « *Il apparaît que les aiguilles de pin d'Alep sont globalement fortement inflammables au même titre que les feuilles des chênes méditerranéens* » (ALEXANDRIAN et al., 1992).

Selon BOUDY (1955), les forêts de Chêne-liège sont les plus sensibles au feu. Les strates herbacée et arbustive (*Erica arborea*, *Arbutus unedo*,...) constituent le relais idéal qui permet au feu d'atteindre les arbres de Chêne-liège.

### 3.3.3 Relation propagation-relief

Le relief escarpé de la région de Kabylie, constitue l'une des facilités dont bénéficie le feu pendant son évolution. Les feux qui parcourent plusieurs dizaines d'hectares en ces milieux, sont souvent aidés par le vent et la raideur des pentes topographiques. Le feu gagne en puissance lorsqu'il parcourt un terrain pentu, il brûle intensément la matière ligneuse.

Nous avons remarqué dans plusieurs endroits, notamment au niveau de la forêt d'Abberane et à la forêt de Mizrana, que le relief non accidenté où les terrains sont plus ou moins plats et fortement peuplés par le Chêne-liège, présentent moins de séquelles que les terrains pentus contenant la même formation végétale avec la même densité après le passage du feu.

### **3.4 Processus de combustion du bois**

Le feu de forêt se développe grâce à la présence de la matière organique (combustible) qui constitue une part importante des plantes. La décomposition de la matière organique après la mort des végétaux est le processus inverse de l'édification des structures végétales. Elle se fait en douceur et très lentement, sans dégagement conséquent de chaleur, mais qui aboutit à la dissociation de l'ensemble des éléments qui constituent cette matière morte et se transforme en humus et en matière minérale avec dégagement du CO<sub>2</sub> et de l'eau. La combustion aussi aboutit au même résultat, à savoir la transformation de la matière vivante ou morte en cendres (matière minérale) qui rentreront dans la composition du sol et la libération des gaz carboniques et de l'eau contenus dans les tissus. Donc, la combustion peut s'apparenter à la décomposition de la matière organique mais qui se fait d'une manière brutale avec un dégagement intense de chaleur.

L'édification de la matière ligneuse ou le bois, nécessite un temps qui varie de quelques années pour certains arbustes à plusieurs siècles pour les arbres centenaires. La capacité du feu à anéantir ces végétaux et ces années de croissance avec, est tout simplement phénoménal!

#### **➤ Pré-ignition**

Une source de chaleur apportant une énergie suffisante est capable d'altérer la couche superficielle du végétal et provoquer une distorsion des éléments fins comme les feuilles et les herbes et l'apparition des gaz et de la vapeur d'eau. C'est la première phase de ce processus, elle correspond à la dégradation thermique des molécules qui précède la combustion proprement dite (TRABAUD, 1992). A ce stade on observe uniquement un dégagement de fumée.

A cent degré Celsius, l'eau libre s'évapore complètement et le combustible continue d'être échauffé (DUPUY, 2000).

La vitesse de l'inflammation des éléments fins de la végétation croît avec la quantité d'énergie émise par la source initiale.

➤ **Décomposition**

La chaleur émise par le foyer fait augmenter brutalement la température à environ 200 °C, la décomposition du bois commence et se produit plus rapidement au fur à mesure que la température augmente. La décomposition du bois s'accompagne par une libération des gaz et des gouttelettes de goudron qui se vaporisent, c'est la pyrolyse. Cette phase se poursuit jusqu'à 315° C environ (DUPUY, 2000).

➤ **Combustion des gaz**

La température continue d'augmenter et l'incandescence commence à partir de 415 °C, atteint les 450 °C, les gaz de décomposition s'enflamment en se combinant avec l'oxygène de l'air ambiant. La combustion des produits de pyrolyse fournit une énergie considérable au foyer et provoque l'échauffement du mélange gazeux. Les gaz se dilatent et entrent en mouvement ascendant par les forces de flottabilité à cause de leur densité qui est inférieure à celle de l'air. L'ascension des gaz chauds conduit, en aspirant de l'air frais, à leur refroidissement. Cette aspiration d'air frais apporte de l'oxygène nécessaire à la combustion de ces gaz. Un front du feu entame son apparition et à son voisinage le combustible reçoit beaucoup d'énergie par rayonnement mais aussi par convection des gaz issus du foyer. La combustion des gaz libèrent de l'énergie en quantité considérable qui permet de maintenir actif le feu et d'entretenir le processus de propagation (DUPUY, 2000).

➤ **Combustion des résidus carbonés (carbonisation)**

Cette phase se déroule au-dessus de 500 °C, elle nécessite une grande quantité d'oxygène, le résidu charbonneux continue à émettre de l'énergie et les flammes deviennent bleues. Lorsque le charbon du bois brûle, à son tour, on assiste à l'incandescence des braises (TRABAUD, 1992).

Mais ce processus est plus complexe qu'on l'imagine, car la pyrolyse se poursuit au sein du foyer et une partie du matériau solide, constituée de résidus charbonneux, reste à l'état solide. En arrière du front, il se produit la combustion de ces résidus charbonneux et une partie du matériau solide évolue vers l'état de cendres (DUPUY, 2000).

Dans la pratique, ces quatre phases de la combustion surviennent plus ou moins simultanément.

### 3.5 Processus de transfert de chaleur

La chaleur joue un rôle important, avant, au moment et après le départ d'un feu.

Avant le départ d'un feu, la chaleur produite par les rayons du soleil participe à l'échauffement du combustible, après avoir participé à l'évacuation d'une grande partie d'eau disponible dans les tissus, facilitant ainsi l'éclosion puis la propagation du feu (CARREGA, 1988).

Au moment du départ du feu, la chaleur produite par la source initiale provoque l'inflammation des éléments fins de la litière et de la strate herbacée et la végétation commence à prendre feu et la chaleur est transférée entre tous ces éléments. Après que le feu se soit déclaré, la chaleur produite par celui-ci se transmet selon deux principaux processus ; rayonnement et convection, mais aussi par conduction, mais ce dernier processus transmet une quantité très infime d'énergie, dans le cas des feux de forêts, par rapport aux deux autres.

L'énergie émise intervient sous deux différentes formes : chaleur latente et chaleur sensible.

#### ➤ Chaleur latente

Elle change l'état physique d'une matière, appelée également enthalpie en thermodynamique, c'est la quantité d'énergie échangée avec le milieu extérieur au changement d'état de la matière sans changement de température (solidification, liquéfaction, évaporation...).

Faire passer de l'eau présente dans les tissus végétaux sous sa forme liquide, souvent associée à d'autres composés, vers sa forme de vapeur, nécessite une quantité d'énergie sous forme de chaleur (enthalpie de vaporisation) qui est la chaleur latente. L'état hydrique du végétal est déterminant dans ce processus, car la combustion des gaz de décomposition du bois ne peut commencer avant l'évaporation d'une importante quantité d'eau présente dans les tissus, donc, plus l'eau est disponible en grande quantité dans les tissus végétaux, comme par exemple en hiver ou au printemps, plus la quantité d'énergie nécessaire pour la faire évaporer est importante.

Si l'humidité est importante, l'énergie sera utilisée à chasser l'eau plutôt qu'à faire monter la température (VAN WAGNER, 1972) et la combustion aura du mal à démarrer, par conséquent le feu peut s'atténuer rapidement.

En été, le feu se maintient plus facilement grâce notamment à la quasi-rareté des précipitations, à la faible humidité relative, à la déshydratation des plantes et à la chaleur fournie par le milieu (températures élevées). Pendant cette période, une part importante de

chaleur est déjà disponible dans l'atmosphère avec la hausse des températures, donc non seulement l'apport énergétique nécessaire pour la source de chaleur ne serait pas important pour l'inflammation, mais également pour la combustion.

Avant que la température ne dépasse 120°C toute l'eau doit être évaporée (localement, dans la partie qui s'enflammera) (VAN WAGNER, 1972). A 100 °C et sous 1 atmosphère de pression, la quantité de chaleur nécessaire pour évaporer 1 kg d'eau est de 2 257 kJ. La chaleur de vaporisation est de 2454 kJ/kg à 20 °C et de 2501 kJ/kg à 0 °C. Il est donc un peu plus facile à une goutte d'eau de passer à l'état de vapeur lorsqu'elle se trouve déjà à des températures très élevées.

Inversement, il faut 333 kJ d'énergie pour faire passer 1 kg de glace à l'état liquide; quelques rayons de soleil suffiront à liquéfier l'eau gelée dans les tissus végétaux, contrairement au processus d'évaporation qui est plus énergivore.

L'énergie nécessaire pour porter une brindille de bois à son point d'inflammation est de 24 kJ/kg par unité de % d'humidité (tableau 3.1).

**Tableau 3.1:** Énergies d'inflammations pour différentes teneurs en humidité (VAN WAGNER, 1972)

Teneurs en humidité	0%	5%	20%	100%	120%
Énergies d'inflammation kJ/kg	410	530	890	2810	3290

➤ **Chaleur sensible**

C'est la quantité de chaleur échangée sans changement d'état ou de phase physique de la matière. La chaleur sensible modifie la température d'une matière, par opposition à la chaleur latente qui modifie l'état physique d'une matière. Il en résulte un effet qui peut être observé ou mesuré. Elle concerne l'élévation ou la baisse de la température d'un corps.

La chaleur qui résulte d'un feu de forêt et qui sert à chauffer le combustible en amont du front du feu, c'est la chaleur sensible.

➤ **Chaleur spécifique**

« C'est la quantité de chaleur nécessaire pour élever la température d'un gramme de combustible de 1 °C. La chaleur spécifique de l'eau, par définition, est de 4,18 J.g<sup>-1</sup>. C°<sup>-1</sup>. Celle de la matière végétale est d'environ 1,41 J.g<sup>-1</sup>. C°<sup>-1</sup> » (VALETTE, 1988).

Il est donc plus facile de chauffer un gramme de matière végétale qu'un gramme d'eau. Une fois asséchée et chauffée la végétation prend facilement feu.

### 3.5.1 Conduction

Elle désigne la transmission de chaleur à travers le combustible (ALEXANDER et *al.*, 1986).

Le bois est caractérisé par une faible conductivité thermique, il est même isolant, donc joue un rôle minime dans la diffusion de la chaleur. Généralement, moins de 5 % de l'énergie produite par un incendie est transmise par conduction ce qui reste très peu significatif. En revanche, le feu peut se conserver par incandescence pendant plusieurs jours dans une grande masse de combustible et donner lieu à une reprise d'incendie ultérieure.

La conduction de chaleur est régie par la loi de Fourier où le flux de chaleur va dépendre du gradient de température. La loi de Fourier est donnée par la formule suivante :

$$\vec{\varphi} = -\lambda \text{ grad}(T)$$

Où  $\vec{\varphi}$  est la densité du flux thermique, s'exprime en ( $W.m^{-2}$ )

$\lambda$  est la conductivité thermique, s'exprime en ( $J.m^{-1}.K^{-1}.s^{-1}$ )

$T$  est la température en degré Kelvin

L'efficacité de la conduction est déterminée par le coefficient de conductivité thermique, qui est propre à chaque matière. Il est de 0,36 pour le bois, de 0,038 pour le liège et de 350 pour le cuivre. Ce qui montre la très faible conductivité du bois par rapport aux métaux.

Selon VALETTE (1988), l'énergie thermique correspond à l'énergie cinétique des particules d'un milieu donné. Cette énergie est échangée totalement ou partiellement par interaction thermique directe avec des particules voisines. Dans le cas de la conduction, la chaleur se propage de proche en proche sans transfert de matière et pour ce qui concerne les incendies de forêts la quantité de chaleur transmise par conduction est négligeable.

### 3.5.2 Rayonnement ou radiation

C'est la transmission de la chaleur produite par la combustion. Cette chaleur contribue à la propagation des feux en causant à courte distance le dessèchement de la végétation et l'élévation de la température en avant du front du feu. La quantité d'énergie transmise par radiation et captée par les combustibles est inversement proportionnelle au carré de la distance qui les sépare du front des flammes (VELEZ, 1991).

Le foyer peut émettre, du fait de sa température, un important rayonnement thermique qui se propage à grande vitesse. La quantité d'énergie émise est proportionnelle à la puissance

quatrième de la température thermodynamique. Elle est exprimée en  $W.m^{-2}$  et régie selon la loi de Stefan Boltzmann :  $E = e \times s \times T^4$ .

$E$  représente la quantité d'énergie émise,  $e$  coefficient d'émissivité,  $s$  constante de Stefan Boltzmann,  $T$  température en degré Kelvin (VALETTE, 1988).

La végétation soumise au rayonnement absorbe tout ou une partie de cette énergie, dont une partie sert à échauffer le combustible et une autre à évaporer une partie de l'eau contenue dans les tissus en prédisposant ainsi la végétation à l'inflammation.

### 3.5.3 Convection

La chaleur est également transmise par convection qui reste un moyen important de transport de la chaleur lors d'un feu de forêt. La transmission s'opère grâce à des mouvements d'air chaud appauvri en oxygène, qui plus léger, tend à monter et forme ce qu'on appelle une colonne de convection (TRABAUD, 1992 ; BRANKA, 2001).

Dans le cas des incendies de forêts, la convection est l'un des différents modes de transfert de chaleur qui implique le déplacement de l'air et des gaz de combustion, c'est-à-dire de la matière.

Ce sont les mouvements ascensionnels de l'air chauffé par rayonnement thermique et combiné au mélange de gaz de décomposition au voisinage de la zone de combustion qui crée cette colonne de convection.

La convection se dit forcée lorsque les mouvements d'air sont amplifiés par l'action d'un facteur extérieur comme le vent ou les flammes. Le flux thermique diffusé par convection est exprimé en  $W.m^{-2}$ , il dépend d'un coefficient de convection exprimé en  $W.m^{-2}. C^{\circ -1}$  et de la différence de température entre le foyer et l'air ambiant (VALETTE, 1988).

Le transfert est régi par la loi de Newton :  $\Phi = hs (T_s - T_{\infty})$

$\Phi$  flux de chaleur ( $W.m^{-2}$ )

$h$  coefficient d'échange convectif ( $W.m^{-2}. C^{\circ -1}$ ).

$s$  surface du front

$T_s$  température du foyer

$T_{\infty}$  température du fluide (air) au large (loin du foyer)

Le phénomène de convection permet le transfert de 80 à 90% de la chaleur sous forme de gaz brûlés et d'air chaud (DFCI, 2002).

### 3.6 Puissance théorique du front de feu

Il est possible de calculer la puissance théorique du front de feu en utilisant la formule de Byram (1959) ou la formule d'Alexander (1982).

Selon la formule de Byram, elle est égale au produit de l'énergie libérée par la vitesse de la progression du front de feu.

Formule de Byram :  $Pf = PCI \times M \times Vf$

$Pf$  : puissance du feu par mètre linéaire de front, en  $W.m^{-1}$

$PCI$  : pouvoir calorifique du combustible sec, en  $J.g^{-1}$  ( $PCI = 18700$ )

$M$  : masse sèche disparue au cours de la combustion, en  $g.m^{-2}$

$Vf$  : vitesse de propagation du front de feu,  $m.s^{-1}$  (VALETTE, 1988).

La formule d'Alexander permet de déterminer la puissance du front de feu en utilisant les mêmes paramètres que la formule de Byram, avec le remplacement du pouvoir calorifique du combustible (chaleur de combustion du combustible),  $kJ/kg$  ou  $J.g^{-1}$  par une valeur moyenne de  $18700 kJ/kg$  ( $J.g^{-1}$ ).

Formule l'Alexander :  $P = Hc \times R \times W$

$P$  = puissance thermique en kW/m

$R$  = vitesse du front en m/s

$W$  = quantité de combustible en  $kg/m^2$

$Hc$  = chaleur de combustion du combustible  $kJ/kg$

« D'après cette formule, un incendie se propageant à 1,8 km/h et brûlant 1  $kg/m^2$  de combustible, développe une puissance de 9350 kW/m » (DFCI, 2002).

### 3.7 Facteurs favorisant le départ et la propagation du feu

Le feu est influencé dans son éclosion et dans sa propagation par divers facteurs environnementaux.

#### 3.7.1 Effet de la pente

La raideur des pentes joue un rôle important dans la propagation d'un feu. Plus le terrain est pentu, plus grande est la vitesse de propagation dans le sens de la montée. D'après DROUET (1982), la pente produit le même effet que le vent.

La pente réduit l'angle de contact de la surface végétale avec les flammes qui se tiennent à la verticale en l'absence du vent. Cette configuration permet un transfert important d'énergie par rayonnement à la végétation en amont et accélère la combustion, par conséquent la vitesse de la propagation augmente.

Selon ARTHUR (1967) cité par HARCHAOUI (2003), la vitesse de propagation du feu double lorsque la pente est de 10 % et quadruple lorsqu'elle est de 20 %.

La pente favorise non seulement la montée du feu, mais accroît les échanges convectifs. Il y a un écoulement de gaz chauds depuis le foyer vers la végétation non brûlée, qui s'accroît d'autant plus que l'angle formé entre la colonne de convection et le combustible est fermé (DUPUY, 2000).

Le relief est fortement accidenté au niveau de la Kabylie. Plusieurs chaînes et massifs montagneux s'y rencontrent. Par conséquent, les pentes sont raides et constituent l'un des facteurs importants qui favorisent l'incendie dans sa progression et compliquent la tâche des pompiers (tableau 3.2).

**Tableau 3.2 : Relation relief-sensibilité incendie**

Seuil de pente (%)	Influence sur la propagation d'incendie
0-15	Peu d'influence
15-30	Accélération modérée
30-60	Forte accélération
>60	Risque de turbulence et d'embrasement

*Source : Département des Pyrénées Orientales, 2006*

### 3.7.2 Effet de l'altitude

Les conditions météorologiques sont différentes entre les sommets des montagnes ou des collines et les fonds de vallées. Le risque d'éclosion d'un feu est plus important dans le fond des vallées que sur les sommets d'une montagne, car l'air est plus chaud.

Le risque s'inverse la nuit car un air frais et humide descend dans le fond des vallées et la probabilité de départ d'un feu diminue. Tandis que sur les sommets des versants, le danger devient plus grand (TRABAUD, 1992).

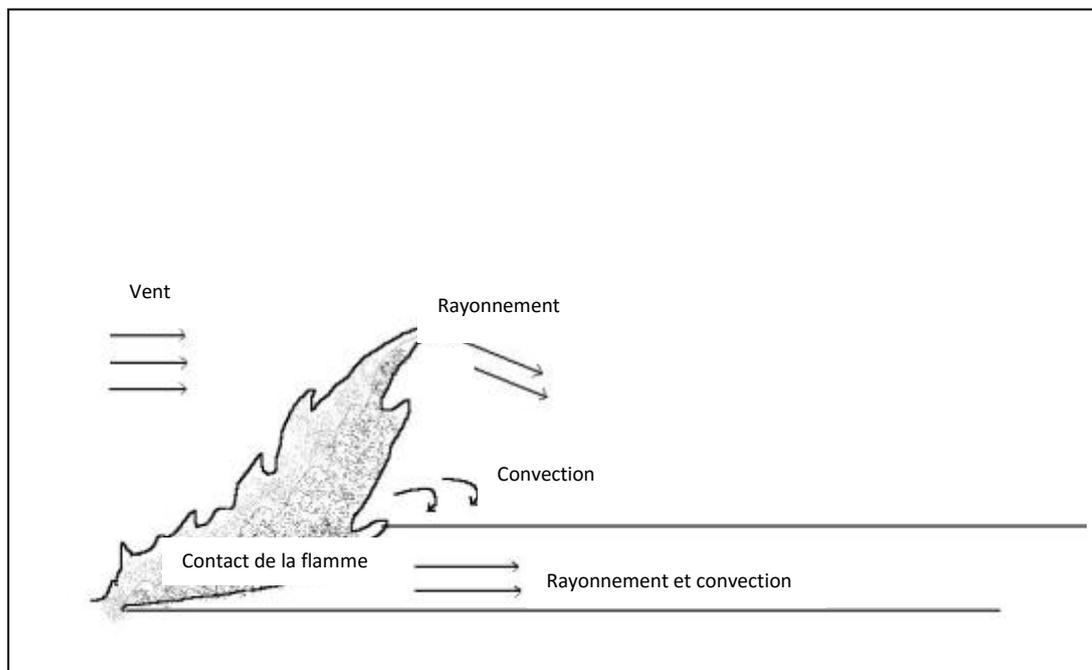
### 3.7.3 Effet du vent

Qu'il soit zonal (synoptique) ou local (brise thermique), le vent joue un rôle décisif dans le sort d'un feu, car il influence son intensité et sa propagation. Avant l'incendie, un vent chaud et sec accélère la transpiration de la végétation en modifiant la température et le degré d'humidité et pendant l'incendie, il peut pousser considérablement le feu et augmenter sa vitesse de propagation. Il renouvelle en permanence la source d'oxygène nécessaire à la combustion par apport continu. Par son action mécanique, le vent attise les flammes en les

couchant davantage sur les végétaux et provoque le réchauffement et l'assèchement de la végétation en avant et transporte des flammèches sur des distances de quelques centaines de mètres et déclenche, ainsi, d'autres foyers secondaires. L'action du vent modifie les écoulements des gaz engendrés par la combustion et change leur orientation. Il pousse la masse d'air et les gaz chauds au-dessus du foyer vers l'avant du front de feu, ce qui pourra amplifier l'advection de chaleur en direction de la végétation. Il peut aussi redémarrer un feu couvant ou en incandescence. Toujours par son action, le vent oriente les flammes dans toutes les directions et se révèle comme le meilleur allié du feu. Mais dans certains cas le vent peut freiner la progression du feu, si celui-ci souffle dans le contre sens de la propagation ou s'il souffle à une grande vitesse ( $> 70 \text{ km/h}$ ) provoquant un plaquage et un écrasement des flammes. La forme finale du feu est conditionnée par la direction du vent par rapport au point d'éclosion (CARREGA, 1994; VELEZ, 1996; DUPUY, 2000 ; BRANKA, 2001).

Certains grands feux génèrent leurs propres vents en raison de la convection (CARREGA, 2006).

En se combinant avec certains paramètres topographiques ou structurels et en véhiculant de l'oxygène nécessaire à la combustion, le vent ne peut que favoriser l'éclosion et la progression de l'incendie (DELABRAZE, 1990 ; MOL *et al.*, 1997).



**Figure 3.2:** Schéma d'un feu poussé par le vent (d'après ROTHERMEL, 1972).

Le vent augmente la vitesse de propagation d'un feu par la poussée qu'il exerce sur les flammes. Voici un tableau qui illustre l'effet du vent sur la vitesse de propagation dans l'herbe (MARSDEN et al., 1995).

**Tableau 3.3** : Vitesse de propagation dans l'herbe en fonction du vent

Vitesse du Vent (m/s)	Vitesse de propagation (m/s)
2	0,45
4	0,9
6	1,3
8	1,7

« La surface brûlée pour une propagation avec vent devrait avoir une forme d'ellipse » (TRABAUD, 1989 in BLANCHI, 1996).

Le vent est fréquent durant toute l'année en Kabylie maritime, mais un peu plus prononcé en été. La présence de la mer influence la genèse du vent local (brise de mer) qui vient s'écouler sur le relief qui s'élève progressivement. Sa circulation en été augmente le risque de propagation en cas de feu. Le vent se lève le plus souvent entre 14 et 15 heures de l'après-midi, moment le plus chaud de la journée. Cette combinaison crée les conditions optimales pour l'éclosion et la propagation d'un feu. Mais le vent le plus dangereux, reste le sirocco. D'origine continentale, ce vent du Sud, très chaud et sec, atteint, en été, la côte Kabyle et plonge toute la région du Nord algérien dans un risque maximum d'incendie de forêt.

Plusieurs incendies ont eu lieu dans des conditions de vent sec et chaud et ont fini avec des bilans lourds en matière de surface végétale détruite. La seule année 2012 a connu un épisode caniculaire sans précédent. La température moyenne maximale a enregistré à Tizi Ouzou une valeur de 39,5 ° C, avec une température extrême de 45,2 ° C. La canicule a duré tout le mois d'août, car la température moyenne minimale était de 23,5 ° C, sans l'enregistrement d'aucun millimètre de précipitation. Cette canicule s'était accompagnée d'un nombre important d'incendies qui ont touché toute la Kabylie et en particulier la Kabylie maritime. En plus de la pente qu'offre les collines littorales Kabyles à l'incendie, il y a également leur orientation nord qui expose directement la végétation aux vents Nord et Nord-Ouest, qui arrivent de la mer Méditerranée. Le vent se combine, donc, au relief, à la chaleur et à la sécheresse et le moindre départ de feu finit avec plusieurs hectares de végétation détruite. A cela s'ajoute la

circulation du vent au niveau des vallées étroites et des ravins (effet venturi) qui confère à l'incendie un comportement complexe et inattendu.

#### **3.7.4 Effet de l'hygrométrie**

L'air ou l'atmosphère est un milieu qui se charge et se décharge en vapeur d'eau. C'est cette caractéristique de l'air qui détermine l'hygrométrie, qui désigne la quantité d'eau présente dans l'air sous sa forme gazeuse.

Spontanément, la végétation vivante ou morte (bois, litière, etc.) absorbe l'eau contenue dans l'air de son environnement immédiat, sous forme de vapeur par ses pores.

La végétation morte est plus sensible aux variations quotidiennes de l'humidité de l'air qu'une végétation vivante car celle-ci, peut compenser son manque d'eau en cas d'une baisse sensible de l'humidité de l'air par l'absorption racinaire de l'eau, mais là aussi l'eau contenue dans le sol n'est pas inépuisable, cela montre que les mécanismes de compensation de la plante sont extrêmement limités, elle dépend foncièrement de l'état hydrique de l'air et du sol. Selon CARREGA (1994), l'humidité de l'air exprimée en humidité relative est un facteur essentiel dans la variation quotidienne ou même horaire du risque incendie.

L'humidité relative baisse sensiblement dans la journée pendant la période d'été en région de Kabylie. Elle est légèrement au-dessus du seuil critique au niveau du littoral Kabyle à cause notamment de la proximité de la mer. Mais le taux hygrométrique demeure trop bas durant l'été et provoque un assèchement total de la strate herbacée et un flétrissement de la strate arbustive et surtout un grand stress hydrique de la strate arborescente.

#### **3.7.5 Effet de la température**

L'air et la végétation sont affectés par les variations de la température qui varie selon les saisons et suivant le relief. La température est un facteur important dans l'avènement et le développement d'un incendie. En temps chaud (période estivale) la fréquence et l'intensité des feux augmentent, cette augmentation est directement liée aux températures élevées du jour comme de nuit. La température agit sur l'évapotranspiration des plantes et augmente leur besoin en eau et elle peut provoquer un stress hydrique temporaire ou permanent. L'action physique de la température se traduit par une accélération de la vitesse et un accroissement de l'intensité des réactions chimiques (endothermiques et exothermiques) avant et pendant le feu (CARREGA, 1994).

En Kabylie, les températures estivales sont variables selon les journées mais globalement demeurent assez élevées. La chaleur induite par l'élévation de la température contribue amplement au risque d'incendie de forêt dans cette zone. Les températures moyennes enregistrées durant l'été sont le meilleur révélateur de la fragilité permanente du temps (climat) face à l'occurrence et au développement du feu. Mais le vrai effet de la température se mesure à l'échelle de la journée, car l'action de la température relève d'une échelle temporelle de courte durée. Souvent les températures sont extrêmement élevées lorsque les feux se mettent en routes. Donc, la température moyenne calculée à l'échelle du mois ou à l'échelle de la saison masque une grande part du détail qui fait la différence dans l'évolution du risque incendie.

### **3.7.6 Effet de la teneur en eau du végétal**

C'est la quantité d'eau retenue dans les tissus de la végétation. Son taux est variable selon la saison et selon le combustible. Elle a un effet sur la vitesse de la combustion et le prolongement du délai nécessaire à l'inflammation. Il faut une température suffisamment élevée pour faire évaporer toute l'eau contenue dans le combustible pour libérer les gaz inflammables et démarrer la combustion.

La teneur en eau du végétal est conditionnée par les précipitations et l'état de l'atmosphère mais aussi par la texture du sol. Les sols perméables (grosseur > 63  $\mu\text{m}$ ) offrent moins d'humidité à la plante donc plus de sécheresse et une plante sèche est plus disposée à l'inflammation qu'une plante non asséchée.

En général, l'inflammation et la combustion sont favorisées par un temps sec, chaud et venteux qui ramène l'eau contenue dans la végétation à **un seuil critique** qui permet le départ et le maintien d'un feu.

L'inflammabilité et la combustibilité sont fortement conditionnées par la teneur en eau des plantes (ORIEUX, 1979 ; VALETTE, 1986 ; LAYEC, 1989 *in* CARREGA, 1994)

### **3.7.7 Effet de la teneur en eau de la litière**

Tout départ de feu est précédé par l'inflammation des éléments fins de la végétation dont fait partie la litière. C'est cette dernière qui compose l'horizon superficiel du sol ; point de départ de la plupart des incendies. De là, apparaît l'importance de la litière dans le départ d'un feu.

D'après CARREGA (1994), les changements thermiques ou hydriques qui se produisent au niveau du sol débutent par la litière. Elle est au contact direct de l'air et suit fidèlement les variations météorologiques de courte durée ce qui n'est pas le cas de la réserve d'eau profonde, elle peut, donc, être considérée comme une réserve d'eau superficielle qui évolue différemment, avec une inertie inférieure à celle de la réserve d'eau profonde. Elle peut se vider par un vent sec et prolongé et se reconstituer par une faible pluie sans que la réserve profonde ne soit modifiée.

L'effet de la sécheresse est nettement visible sur la litière et la strate herbacée en Kabylie maritime, car ces couches de combustibles prennent immédiatement des couleurs après quelques jours de chaleur intense et de sécheresse.

### **3.7.8 Effet de l'ensoleillement**

La quantité de chaleur émise par le rayonnement solaire captée à la surface de la terre n'est pas uniformément répartie à cause de l'amorphisme des reliefs qui déterminent le type et la nature des versants, qui sont différemment exposés au soleil. Les versants sud et sud-ouest sont les plus exposés, donc reçoivent une grande quantité de chaleur qui a une incidence directe sur l'évapotranspiration de la végétation, d'où l'appellation de versant chaud et de versant froid.

En Kabylie maritime, les versants sud et sud-ouest plus exposés au soleil, sont généralement caractérisés par des formations basses et moins denses à cause de la sécheresse. La durée en heures d'ensoleillement avoisine les 2750 heures par an (station météorologique de Boukhalfa), ce qui représente une part conséquente. Cette donnée montre la contribution importante du rayonnement solaire à l'évaporation de l'eau contenue dans les tissus de la végétation.

Selon WILLIAM (1964) *in* TRABAUD (1992), les versants sud et sud-ouest, par l'ensoleillement direct qu'ils reçoivent, présentent les conditions favorables pour une inflammation et une propagation rapide des feux contrairement à l'exposition nord.

CURTIS (1936), cité par BENLEMALEM (1981), a montré qu'il y a une différence de température qui peut aller jusqu'à 5 ° C entre les feuilles d'une végétation exposée au soleil et celles d'une végétation non exposée.

WITTENBERG *et al.*, (2006) ont montré que les versants sud sont moins résistants comparés aux versants nord.

Dans sa majorité, le relief de la Kabylie maritime est bien exposé aux brises de mer, mais cela n'empêche pas qu'il y ait des incendies particulièrement ravageurs, car la chaleur qui balaye la région en été, ramène la température du couvert végétal des versants nord à un degré qui se rapproche de celui des versants sud.

En résumé, l'exposition des versants conditionne le type de végétation, l'ensoleillement et l'influence du vent.

### **3.7.9 Nature du combustible**

Le départ d'un feu c'est d'abord l'inflammation puis la combustion. Cette dernière est dépendante de la texture et de la composition chimique du végétal. Les composés aromatiques contenus dans les feuilles et dans les petites branches et rameaux, à des proportions variables, favorisent l'inflammation. La résine et les composés terpéniques sont très inflammables, ce qui intensifie la puissance thermique et accélère la combustion. La nature ici concerne également les différentes formes sous lesquelles le combustible est disponible (feuilles mortes, les herbes sèches, les aiguilles de résineux, les arbustes, etc.).

La composition chimique de la matière végétale joue un rôle important dans l'occurrence et la propagation d'un feu. Selon VALETTE (1988), la matière végétale peut contenir environ 35 % de lignine et 55 % de cellulose et une proportion instable de substances volatiles (huiles essentielles, résine, composés terpéniques) et de 2 à 4 % d'éléments minéraux. Toutes les plantes sont composées par ces éléments mais leur proportion varie d'une espèce à une autre ce qui justifie la mauvaise inflammabilité de certaines espèces comme le tamarix (*Tamarix aphylla*) qui contient 19 % de matière minérale de son poids total en matière sèche (NASSEL et FREEDMAN, 1961 in BENNOUR et TIMSIT, 2000).

Les extraits à l'éther (cires, huiles, terpènes et graisses) à fort potentiel énergétique, et les minéraux (influent la pyrolyse des glucides) sont les deux catégories de composés chimiques qui influencent l'inflammabilité et la combustibilité (NORD et CONTRYMAN, in TRABAUD, 1992).

### **3.8 Dynamique des incendies en Kabylie**

Nous avons présenté dans le premier chapitre le spectre des incendies en Algérie, leur évolution et les conséquences engendrées sur plusieurs années, mais aussi le patrimoine forestier algérien. Dans cette partie, on s'intéressera aux caractéristiques de ces incendies et à leur dynamique à l'échelle locale.

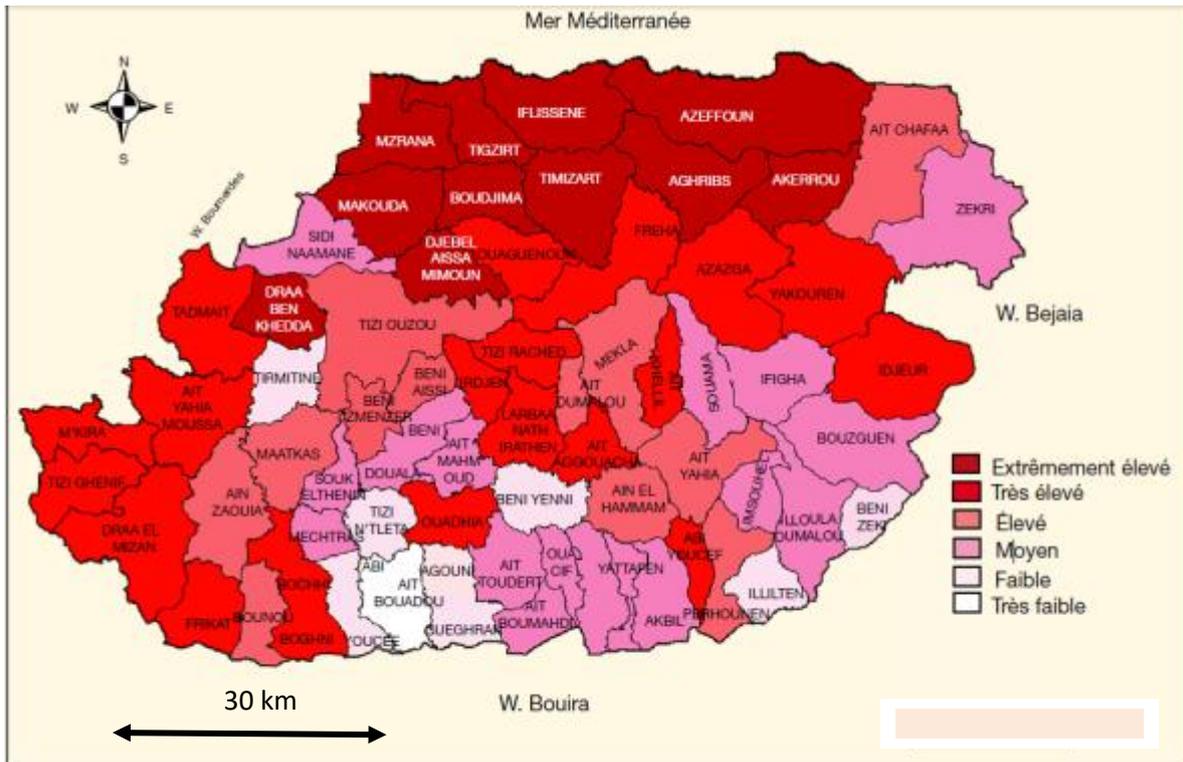
Pour la caractérisation des incendies de forêts en Kabylie maritime, nous avons exploité les données collectées par les services des forêts des deux circonscriptions respectives Tizirt et Azeffoun et qui concernent les cinq communes de la zone d'étude. Mais avant de passer en revue les incendies de forêts en Kabylie maritime, un petit aperçu comparatif avec les incendies à l'échelle de la wilaya de Tizi-ouzou (67 communes) s'impose.

En effet, comme nous l'avons vu brièvement dans le premier chapitre, la wilaya de Tizi Ouzou d'une superficie totale de 295 793 hectares et à laquelle appartient la partie du terrain choisie pour la mise en œuvre de cette étude, connaît un nombre important d'incendies annuellement. Une moyenne de 134 incendies avec 3 181 hectares par an pour la période 1986-2005 ont été enregistrés à l'échelle de ce département.

En matière de couverture forestière, la wilaya de Tizi Ouzou présente un taux de recouvrement avoisinant les 38 % de son territoire. C'est l'équivalent de 112 000 hectares de couverture forestière et pré-forestière (48 000 ha de forêt et 64 000 de maquis).

Pour précision, les cinq communes (37 850 hectares) de la Kabylie maritime représentent **12,8 %** de la superficie totale de la wilaya de Tizi Ouzou. Qu'en est-il de ce qu'elles représentent en matière d'incendies de forêt ? En effet, les cinq communes totalisent **738** incendies pour la période **1990-2009**, ce qui représente **23,5 %** du total des départs de feux à l'échelle de la wilaya de Tizi Ouzou, qui englobe **67** communes, pour la même période.

Près d'un incendie sur quatre a, donc, lieu en Kabylie maritime du total des incendies qui touchent la wilaya de Tizi Ouzou. C'est une part très considérable du feu, vu la superficie de cette zone qui ne représente qu'un douzième de la superficie totale du département. Il est toutefois plus juste de comparer les moyennes à l'échelle locale, car comme on le sait une seule année bien chargée en incendies de forêts peut faire basculer un bilan de moyen terme (10 à 20 ans). Cela donne une moyenne de **36,9** incendies qui sont enregistrés annuellement en Kabylie maritime, sachant que le taux de boisement de cette sous-région se situe entre **40** et **60 %**. Cette nouvelle estimation basée sur la moyenne, fait ressortir que **27,5 %** du nombre total d'incendies qui touchent la wilaya de Tizi Ouzou, ont lieu dans les territoires des communes littorales.



**Figure 3.3 :** Indice du risque fréquentiel d’incendies d’après MEDDOUR-SAHAR *et al.*, (2010)

La figure ci-dessus montre l’extrême sévérité de l’indice du risque attribuée aux communes littorales de la wilaya de Tizi Ouzou, d’où l’importance d’approfondir la recherche sur les différents aspects relatifs à l’incendie de forêt, en s’intéressant davantage à ce groupe de communes (Mizrana, Tizirt, Iflissen et Azeffoun).

Sur une période de 20 ans (1990-2009), il s’est produit sur le domaine littoral Kabyle, un nombre important d’incendies (738) selon les relevés qui figurent sur les registres des deux circonscriptions (Tizirt et Azzefoun) de la conservation des forêts de Tizi Ouzou. En revanche, il n’y a que les incendies qui se sont produits sur la façade littorale qui ont été pris en compte à savoir **416** incendies au total. Cela représente un peu plus de **56 %** du total des incendies enregistrés dans les cinq communes maritimes.

Les incendies recensés sur les bassins versants orientés vers la mer Méditerranée et qui englobent les forêts domaniales de Mizrana et de Béni Djenad pour la circonscription de Tizirt et les forêts de Tigrine et des reboisements industriels pour la circonscription d’Azeffoun pendant la période 1990-2009 sont représentés dans le tableau 3.4.

**Tableau 3.4** : Nombre d'incendies de la zone côtière Kabyle, période 1990-2009

Nombre total d'incendies	Surface totale détruite (ha)	Nbr. moyen annuel	Sur. moyenne annuelle (ha)
<b>416</b>	11699	20,8	584,95

Les départs de feux enregistrés dans la zone délimitée pour l'étude représentent **15,5** % des incendies enregistrés dans la wilaya de Tizi Ouzou. La surface totale incendiée durant la période **1990-2009** dans notre zone d'étude est de l'ordre de **11 699** ha.

Le feu moyen nous renseigne sur l'intensité réelle des incendies durant une période donnée, sa valeur exprime le rapport entre l'incendie et son environnement. Pour la Kabylie maritime, le feu moyen est de **28,12** ha par incendie. Par ailleurs, **585** ha partent en fumée en moyenne chaque année sur un territoire qui ne dépasse pas une superficie de **20 000** hectares. Nous avons pu relever **416** incendies dans la zone côtière pour la période **1990-2009**, en revanche, nous n'avons réussi à localiser qu'une partie de ces incendies, vu le manque d'informations sur les endroits de l'éclosion qui concerne un grand nombre d'entre eux. En effet, nous avons pu localiser avec précision uniquement **205** incendies dans la zone d'étude, dont **135** se sont produits dans la partie est (circonscription d'Azzefoun) et **70** incendies dans la partie ouest (circonscription de Tigzirt). Les incendies localisés représentent **27** % de tous les incendies enregistrés dans les communes concernées et **49** % des incendies de la façade littorale.

### **3.8.1 Variabilité temporelle des fréquences**

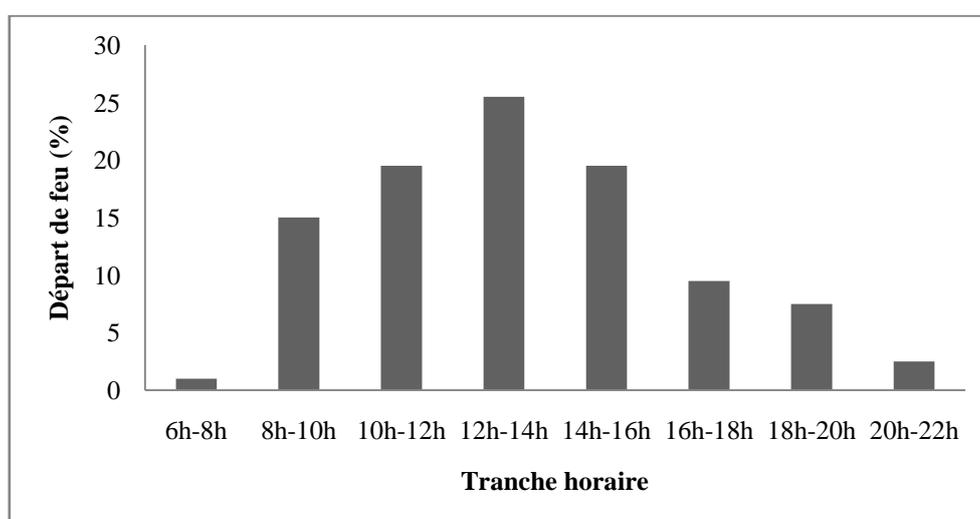
#### **➤ Variabilité horaire**

Les incendies se déclarent lorsque les conditions d'embrasement sont réunies. L'énergie émise par les rayons de soleil atteint son maximum entre 12h et 14h de la journée pendant l'été ; une saison caractérisée par l'absence de nébulosité et la longueur de la durée d'ensoleillement, cette intensité solaire prédispose naturellement les végétaux à l'inflammation car c'est à ce moment de la journée que les rayons de soleil arrivent perpendiculairement à la surface de la terre (efficacité énergétique maximale). Le risque quotidien est fonction des conditions météorologiques des 72 heures précédant l'incendie mais aussi des conditions climatiques et énergétiques du moment.

Le tableau 3.5 et la figure 3.4 montrent la répartition quotidienne des départs de feux par tranche horaire.

**Tableau 3.5** : Répartition horaire des départs de feux en Kabylie maritime (416 incendies)

Tranche horaire (h)	6-8	8-10	10-12	12-14	14-16	16-18	18-20	20-22
Intensité solaire	Faible	Modérée	élevée	très élevée	élevée	modérée	Faible	très faible
Départ de feu (%)	1	15	19,5	25,5	19,5	9,5	7,5	2,5



**Figure 3.4** : Variation horaires des départs de feu en Kabylie maritime (6h-22h)

Nous constatons que **25,5 %** des incendies se sont déclarés dans la tranche de (12h-14h). C'est le moment de la journée où les températures culminent et la végétation se trouve dans un état de stress hydrique maximum.

Il y a correspondance entre le nombre de départ de feu et la quantité d'énergie reçue à la surface de la terre illustrée dans le tableau 3.5. C'est au moment le plus chaud de la journée (12h-14h) qu'on constate la plus grande fréquence d'incendie.

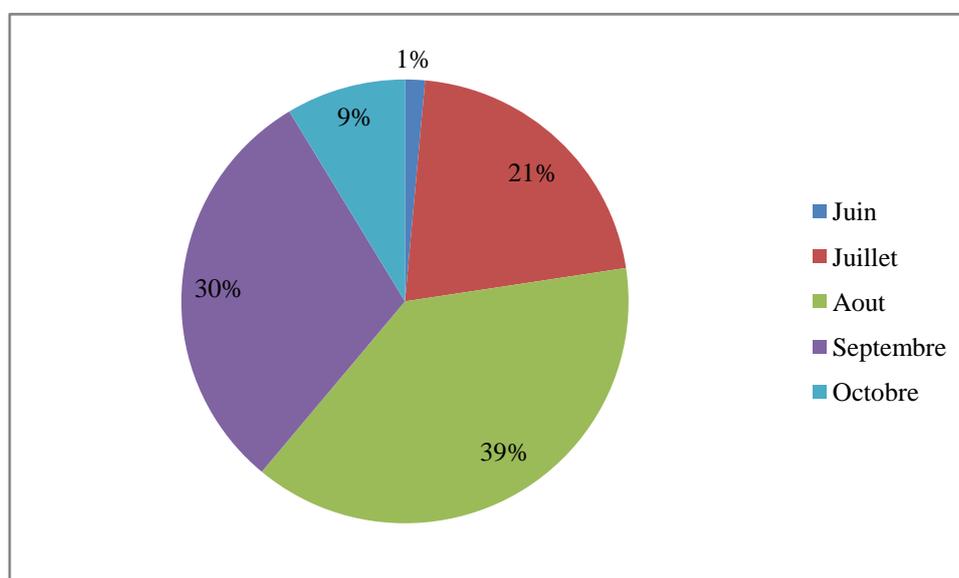
#### ➤ Variabilité mensuelle

Les incendies commencent à apparaître à partir du mois de juin où l'enregistre le taux le plus faible, la tendance est à la hausse au mois de juillet et le taux d'incendies atteint son maximum au mois d'août avec **38,46 %**. Le taux baisse au mois de septembre, mais reste plus important avec **30,28 %** contre **21,15 %** au mois de juillet. Le bal des incendies se ferme au mois d'octobre avec un taux de **8,65 %** (Tableau 3.5).

**Tableau 3.6:** Taux mensuels d'incendies de forêts

Mois	Juin	juillet	Août	septembre	Octobre
Taux mensuel (%)	1,44	21,15	38,46	30,28	8,65

Le mois d'août est caractérisé par des températures très élevées et une sécheresse accrue, c'est aussi le mois qui connaît la plus grande fréquentation de la région côtière par les vacanciers (figure 3.5). Une forte présence humaine dans cette zone pendant l'été conjuguée à des températures et à une sécheresse record, le risque de départ des feux est à son maximum.



**Figure 3.5:** Répartition mensuelle des incendies

C'est durant le mois de septembre qu'une part importante des incendies d'été est enregistrée malgré une baisse relative des températures et la baisse de la fréquentation de la zone côtière à cause du départ des vacanciers. A cette période de l'année, la végétation herbacée est complètement sèche et offre une facilité d'inflammation sans égal, c'est à ce moment-là et avant le retour des premières pluies et l'installation de la fraîcheur que certains bergers ou paysans saisissent l'opportunité pour mettre le feu en vue de renouveler leurs pâtures.

### ➤ Variabilité interannuelle

La figure 3.6 montre que les incendies varient considérablement d'une année à une autre, un record de fréquence est enregistré en 1997 avec 45 incendies. C'est une variabilité irrégulière dans sa globalité mais on peut souligner le retour d'un pic de fréquence en moyenne tous les 2 ans.

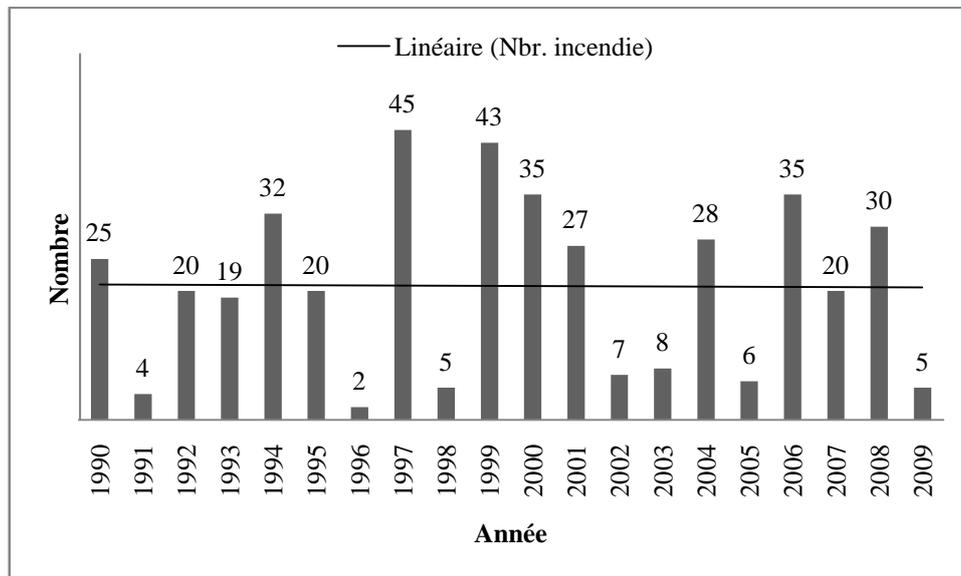
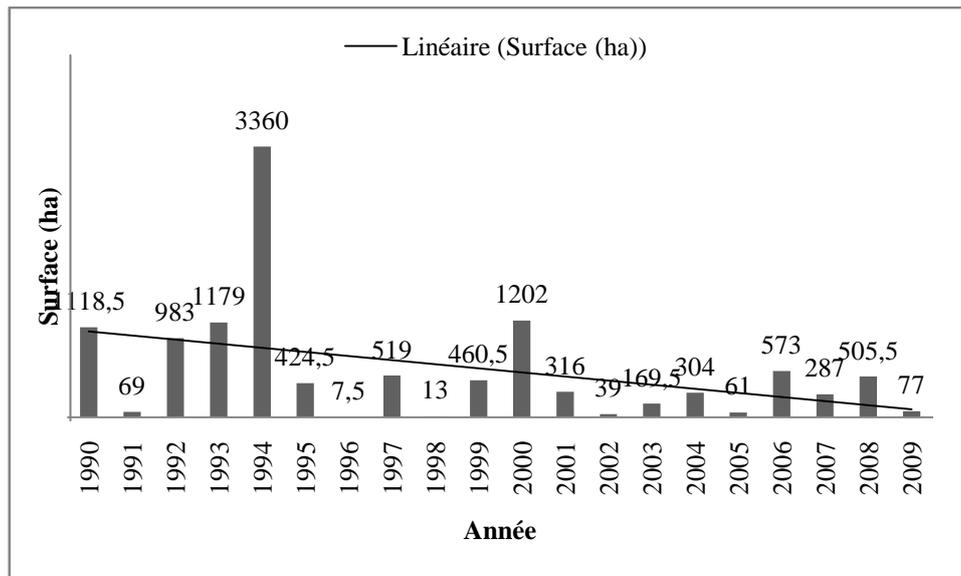


Figure 3.6: Fréquences annuelles des incendies (période 1990-2009)

L'année 1994 fait exception en matière de dégâts engendrés par les incendies à l'échelle nationale à cause, notamment, de la hausse des températures par rapport à la normale saisonnière et de la sécheresse exceptionnelle qui a frappé l'été de cette même année, mais ces températures, exceptionnellement élevées, n'expliquent pas à elles seules le nombre d'incendies puisque les années qui ont suivi ont connu des fréquences plus importantes notamment en 1997 et en 1999 sans connaître les mêmes conditions de températures estivales qu'en 1994.

#### 3.8.2 Variabilité interannuelle des surfaces brûlées

Les incendies causent des dégâts importants dans les milieux forestiers de la région côtière de la Kabylie, chaque année plusieurs centaines d'hectares sont détruits. L'année 1994 est la plus catastrophique de ces 20 dernières années avec **3360 ha** de végétation détruite, et depuis, les surfaces incendiées sont en baisse relative, excepté l'année 2000 où l'on a enregistré **1202 ha** (figure 3.7). Ce record de surface brûlée ne peut se dissocier de l'exception climatique de cette année.



**Figure 3.7:** Superficies incendiées annuellement (période 1990-2009)

La comparaison des données annuelles des nombres d'incendies et des superficies incendiées révèle ce qui suit :

L'année 1997 a connu le plus grand nombre d'incendies et l'année 1994 la plus grande superficie incendiée.

45 incendies pour un préjudice de 519 ha en 1997, contre 3360 ha pour 32 incendies en 1994.

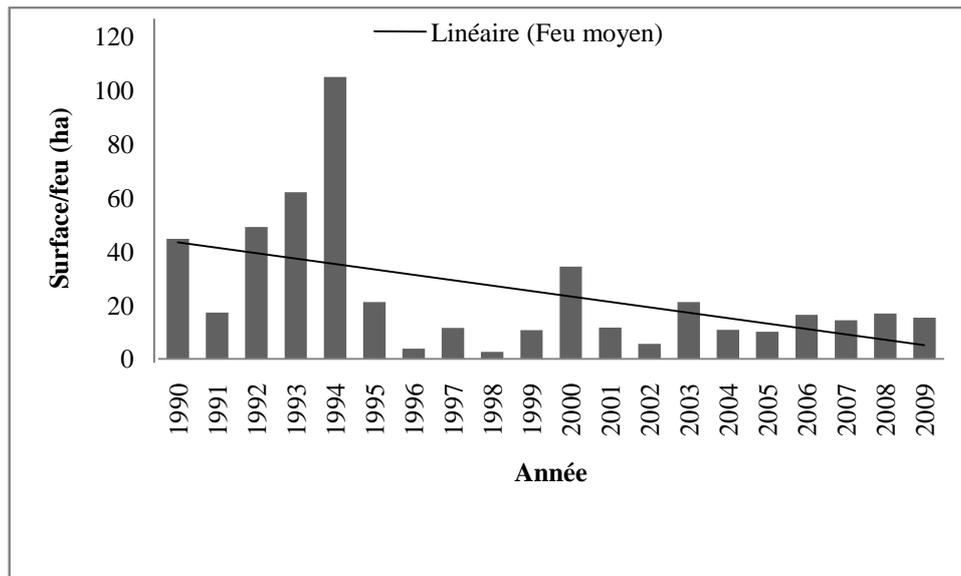
De ces deux cas, trois observations peuvent être faites:

- l'extension des incendies en 1994 était plus importante avec une moyenne de 105 ha par incendie contre 11,5 ha par incendie en 1997 ;
- un grand nombre d'incendies ne signifie pas forcément une grande surface incendiée;
- les conditions météorologiques peuvent faire la différence ; un incendie a plus de chances de durer si les conditions météorologiques sont favorables.

La tendance en matière d'incendies de forêts nous renseigne que leur nombre est en nette stabilisation pour les 20 dernières années, et la tendance à la baisse des surfaces incendiées s'est nettement confirmée (figure 3.7).

### 3.8.3 Feu moyen

Le ralentissement du phénomène incendie est confirmée par la mise en évidence du feu moyen qui montre que durant ces deux dernières décennies, les incendies ont détruit de moins en moins de surfaces végétales, même si leur fréquence reste relativement élevée.



**Figure 3.8** : Feu moyen en Kabylie maritime

En moyenne **28 ha** sont détruits par feu pendant la période 1990-2009. Mais si on considère uniquement la période allant de 1995 à 2009, période durant laquelle le feu moyen est en forte baisse, comme le montre la figure 3.8, ce chiffre s'avère dérisoire. Il a baissé à **15,7 ha** par feu. Une baisse très considérable qui est probablement due à la réactivité des services concernés par la protection de la forêt après la série noire des débuts des années 1990.

### 3.8.4 Classes des surfaces incendiées

Suivant la méthode de Brooks-Carruthers, le nombre de classes de surface est déterminé par la formule suivante :  $K = 5 * \log(N, \text{base}=10)$

K= nombre de classe

N = la taille (nombre de valeurs)

Pour  $N = 20 \rightarrow K = 6,5$  (7 classes environ).

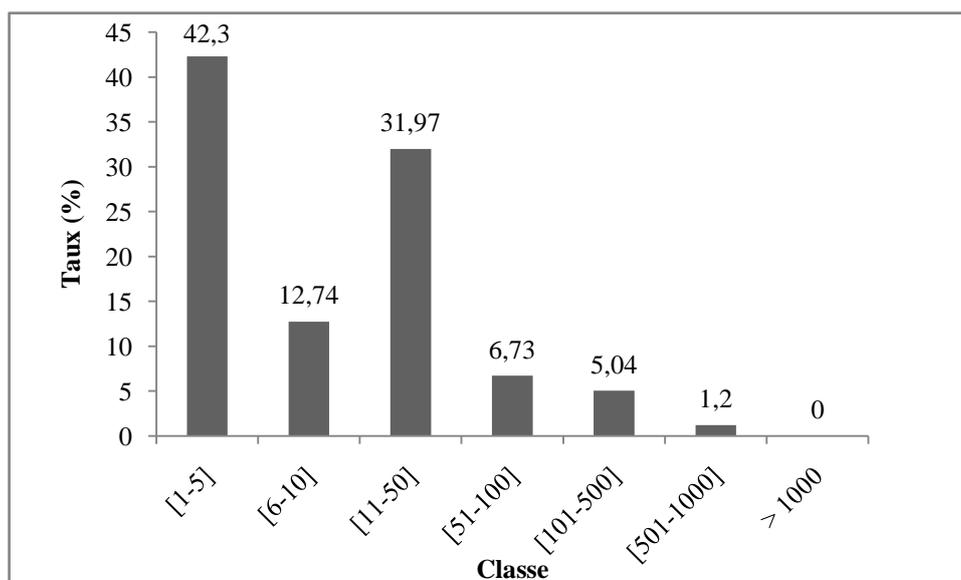
Du tableau 3.7 ressort que **55,04 %** des incendies sont d'une taille faible et la surface menacée ne dépasse pas les **10 ha**. Les incendies de taille moyenne, où les surfaces menacées peuvent atteindre les **100 ha**, représentent un taux de **38,7 %**.

Quant aux incendies de grande taille, ils ont le taux le plus faible (**6,2 %**) mais ce sont les plus dangereux, ils détruisent jusqu'à **1000 ha** !

**Tableau 3.7 :** Classes des superficies incendiées, Kabylie maritime, période 1990-2009

Classe de superficie (ha)	Effectifs	Taux	Taille
<b>1-5</b>	176	42,30	Faible
<b>6-10</b>	53	12,74	Faible
<b>11-50</b>	133	31,97	Moyenne
<b>51-100</b>	28	6,73	Moyenne
<b>101-500</b>	21	5,04	Grande
<b>501-1000</b>	5	1,2	Grande
<b>&gt;1000</b>	0	0	Très grande

Les incendies catastrophiques ne représentent qu'une infime proportion de moins de **2 %** tel que le montre la figure 3.9.



**Figure 3.9:** Proportion d'incendies en fonction des classes de surfaces brûlées

Dans le cas de la Kabylie maritime, il faut plusieurs incendies de faible intensité (150 environ) pour atteindre ce que peut détruire un seul incendie de grande intensité comme fut le cas en juillet 1994 avec l'incendie qui a touché la forêt de Tigrine, **900 ha** sont partis en fumée en l'espace de 5 jours.

L'existence d'une part importante (plus de la moitié) d'incendies de taille faible peut renseigner sur les efforts dirigés vers la lutte contre l'incendie avant d'atteindre une taille plus importante qui échappe à tout contrôle. Mais cela reste insuffisant car, il y a encore plusieurs

incendies de moyenne et de grande intensité qui ne sont pas maîtrisés et qui finissent par s'éteindre d'eux même.

### 3.8.5 Relation surface incendiée-nombre d'incendies

Il ressort de l'observation de la figure 3.10 que la tendance de la fréquence des incendies de forêts est stable voire très légèrement en baisse, contrairement aux surfaces annuelles incendiées qui baissent de façon remarquable.

D'après ce diagramme illustratif, les fréquences des incendies et les surfaces incendiées ont évolué dans le même sens entre 1990 et 1994. De 1995 à 2009, les surfaces incendiées n'ont pas suivi la même évolution que celle de la fréquence des incendies.

La surface incendiée tend à baisser malgré la stabilité du nombre d'incendies qui se déclarent. A priori, la tendance à la baisse du feu moyen se confirme et le calcul du coefficient de corrélation entre le nombre d'incendies et les surfaces incendiées peut confirmer ou infirmer cette relation, qui tend à s'inverser proportionnellement.

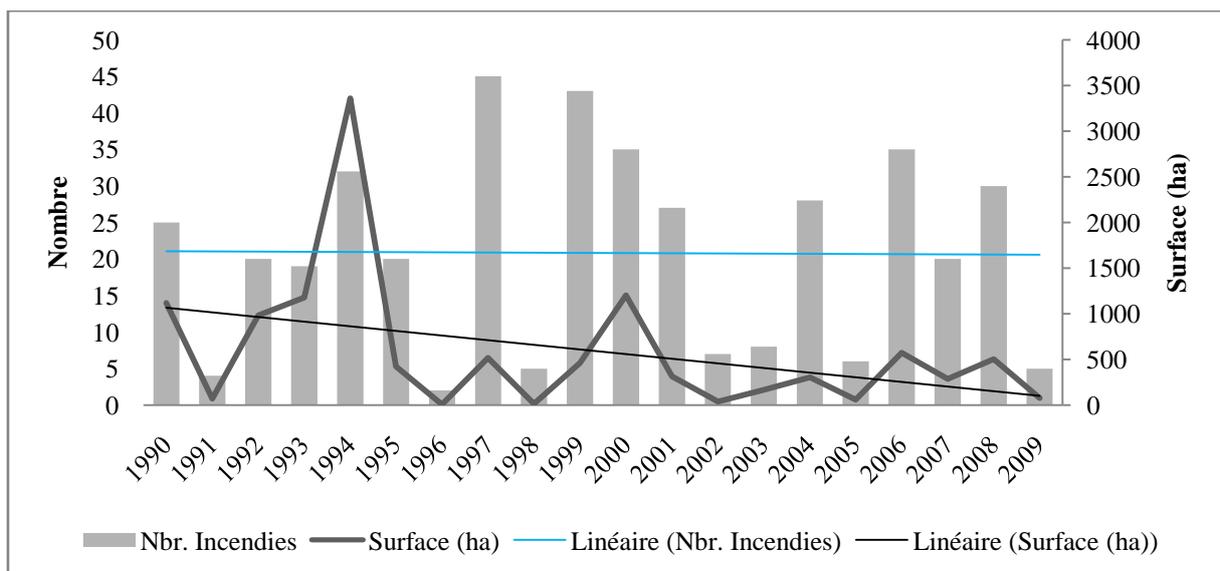


Figure 3.10 : Synthèse comparative de l'évolution du nombre d'incendies et des surfaces incendiées

### 3.8.6 Récurrence

La localisation des incendies permet également d'évaluer leur récurrence. Cette dernière se traduit par le retour des incendies au même endroit sur une période donnée. Pour le cas des formations végétales de la Kabylie maritime, il s'agit d'un phénomène fréquent. La récurrence caractérise, en premier lieu, les parcours, car leur renouvellement est une nécessité pour les éleveurs, viennent ensuite les autres formations qui connaissent elles aussi ce phénomène.

Le délai de retour d'un incendie au même endroit est très court pour les formations forestières. La périodicité très courte du retour des incendies sur un même lieu empêche la végétation de recouvrer son état d'équilibre initial en provoquant par la même occasion une dynamique régressive de cette dernière.

Nous avons plusieurs exemples de récurrence le long du domaine littoral Kabyle. Selon les données dont nous disposons, nous avons recensé **42** endroits où le feu revient en moyenne **4** fois tous les 20 ans, c'est-à-dire **1** fois tous les **5** ans. Mais ce chiffre n'est qu'une moyenne, car il existe des endroits où le feu a sévi **14** fois pendant la même période à l'image du canton d'Aït Sidi Yahia dans la commune d'Azeffoun.

Plus le délai de retour d'incendies dans un même lieu est court, plus la reprise végétative est compromise, par conséquent, le retour de la forêt dans le dit lieu est compromis aussi. Souvent, les éléments fins comme les semis ou les rejets de souches sont facilement détruits par le feu, car ils ne présentent ni protection, ni résistance.

Généralement, les formations s'ouvrent suite au passage d'un feu, qui élimine une quantité importante de biomasse et facilite l'installation d'une végétation exogène et invasive, qui se compose d'herbes et d'arbustes encore plus sensibles au feu.

Du point de vue écologique, il est bien difficile que la végétation reprenne son état initial, une fois brûlée, avant plusieurs années et cela doit se faire en l'absence totale d'incendies et de toute autre perturbation (action de l'homme). Le retour à l'état initial d'une forêt de Chêne-liège, par exemple, nécessite une vingtaine d'années pour que les arbres retrouvent leur maturité et pour que le fonctionnement de l'écosystème atteigne le stade d'équilibre. Or dans le cas des forêts de la Kabylie maritime, qui sont brûlées à un rythme élevé, il est rare de trouver un espace végétal qui n'a pas été brûlé au moins une fois ces 20 dernières années.

La récurrence peut être favorisée par un contexte climatique particulier, mais aussi par un environnement socio-économique très complexe. L'utilisation du feu comme « outil » de défrichage des terres est une pratique très répandue dans cette zone littorale et cet « outil » ne peut être efficace et ne peut fonctionner correctement si les conditions météorologiques ne sont pas favorables. C'est pour cela que la période estivale représente le meilleur moment de passage à l'acte pour les éleveurs (températures élevées, humidité basse, végétation sèche,...). Cette pratique demeure l'un des facteurs de récurrence des incendies.

### 3.8.7 Intensité

C'est la puissance que peut atteindre un incendie. Elle dépend de l'environnement dans lequel le feu évolue et des conditions météorologiques du moment.

Il est vrai que ce n'est qu'après le passage d'un feu que l'intensité peut être concrètement évaluée. Cependant, l'impact engendré par l'incendie n'est pas le seul paramètre qui peut renseigner sur son intensité, car au cours d'un incendie, des signes d'intensité peuvent apparaître et permettent de prédire et d'estimer la capacité destructrice de ce dernier. Comme signes nous avons la couleur et le volume de la fumée, la vitesse et l'orientation du vent.

Si nous nous référons à l'échelle de mesure de l'intensité des incendies de forêts (Tableau 3.8) proposée par LAMPIN et JAPPIOT du CEMAGREF, notre région d'étude peut être insérée en termes d'intensité dans le niveau 2.

**Tableau 3.8** : Échelle d'intensité du feu, LAMPIN et JAPPIOT (Cemagref).

Niveau	Paramètres physiques (ordre de grandeur)	Échelle teintes graphiques	Effets sur les enjeux				
			Surface parcourue par le feu	Espaces naturels et agricoles	Personnes	Bâtiments	Infrastructures et ouvrages
Très faible 1	V < 400 m/h Fumée blanche Pas de sautes de feux significatives Surface menacée < 10 ha Puissance du front de flammes (kW/m) <350	10 %	0,1 à 10 ha	Pierre calcaire blanche Animaux toujours indemnes Subsistance de branches vertes Sous-bois partiellement ou totalement endommagés	Calme des populations concernées par l'aléa	Dégâts aux bâtiments mineurs (respect prescriptions)	
Faible 2	400<V<800 m/h Fumée blanche et grise Sautes de feux de 20 m possibles Surface menacée 10-100 ha Puissance du front de flammes (kW/m) 350 <P<1 700	20%	10 à 50 ha	Pierre calcaire légèrement noircie Animaux en général indemnes Perte de feuilles des couronnes des arbres (subsistance d'aiguilles, de cônes) La plupart des buissons sont détruits Branches basses endommagées Blessures aux troncs	Calme des populations concernées par l'aléa	Dégâts aux bâtiments mineurs (respect prescriptions)	
Moyen 3	800<V<1200 m/h Fumée grise, la fumée prend de l'ampleur et fonce à sa base Sautes de feux de 100 m Surface menacée 100-500 ha Puissance du front de flammes (kW/m) 1700<P<3500	40%	50 à 100 ha	Pierre calcaire noircie Animaux en général indemnes Troncs et cimes des arbres endommagés Bois d'œuvre dégradé (blessure de la cime)	Inquiétude des populations concernées par l'aléa	Dégâts aux bâtiments mineurs (respect prescriptions) Volets en bois brûlés	Poteaux électriques en bois brûlés Visibilité réduite sur voies de circulation
Elevé 4	1 200<V<1 800 m/h Fumée rousse et noire 100 % des feux ont des sautes de feux de 300 m à 500 m Surface menacée 500-1000 ha Puissance du front de flammes (kW/m) 3 500<P<7 000	60 %	100 à 500 ha	Pierre calcaire fendue Cadavres d'animaux morts, prisonniers des flammes, n'ayant pas eu le temps de s'échapper. Cimes toutes brûlées Tiges des buissons du sous-bois consommées Sol minéral exposé	Panique de la population concernée par l'aléa Consignes de sécurité plus du tout respectées	Dégâts aux bâtiments notamment constatés par auto - inflammation des volets et propagation du feu dans le bâtiment (malgré respect prescriptions) Gaines électriques, gouttières en PVC fondues, volets en bois brûlés	La plupart des poteaux électriques en bois, brûlés et des poteaux électriques en métal, fondus Visibilité réduite sur voies de circulation
Très élevé 5	V>1 800 m/h Fumée noire, moutonnante 100 % des feux ont des sautes de feux > 500 m Surface menacée 1000 – 10 000ha Puissance du front de flammes (kW/m) >7 000	80%	500 à 5 000 ha	Pierre calcaire éclatée Cadavres d'animaux morts Arbres totalement calcinés : silhouette bien découpée noire avec éclat possible de l'écorce Paysage transformé, totalement brûlé, avec destruction complète des peuplements Selon la topographie, terrains devenus érodables Tous les feuillages brûlés	Panique de la population concernée par l'aléa Evacuations sauvages	Dégâts aux bâtiments notamment constatés par auto - inflammation des volets et propagation du feu dans le bâtiment (malgré respect prescriptions)	Tous les poteaux électriques en bois brûlés, ceux en métal, fondus Toute circulation au sol peut devenir impossible
Exceptionnel 6	Surface menacée > 10 000 ha	100%	> 5 000 ha				Toute circulation au sol est impossible

Dans le cas des feux qui se produisent dans cette zone d'étude, les populations ne sont pas directement menacées en général, mais parfois le feu frôle les abords des habitations et s'empare de quelques dépôts de stockage ou certaines étables animalières.

Selon le peu d'études qui ont été réalisées sur les forêts de la zone littorale Kabyle (BEKDOUCHE, 1997 ; 2010), la fréquence des incendies est très variable d'une année à une autre. L'explication avancée à cette variabilité et loin de tenir compte de la réalité complexe des aspects socio-environnemental et socio-économique. La météorologie à elle seule ne suffit pas à expliquer l'ampleur des incendies dans cette contrée.

### **3.8.6 Localisation et lieux de départ**

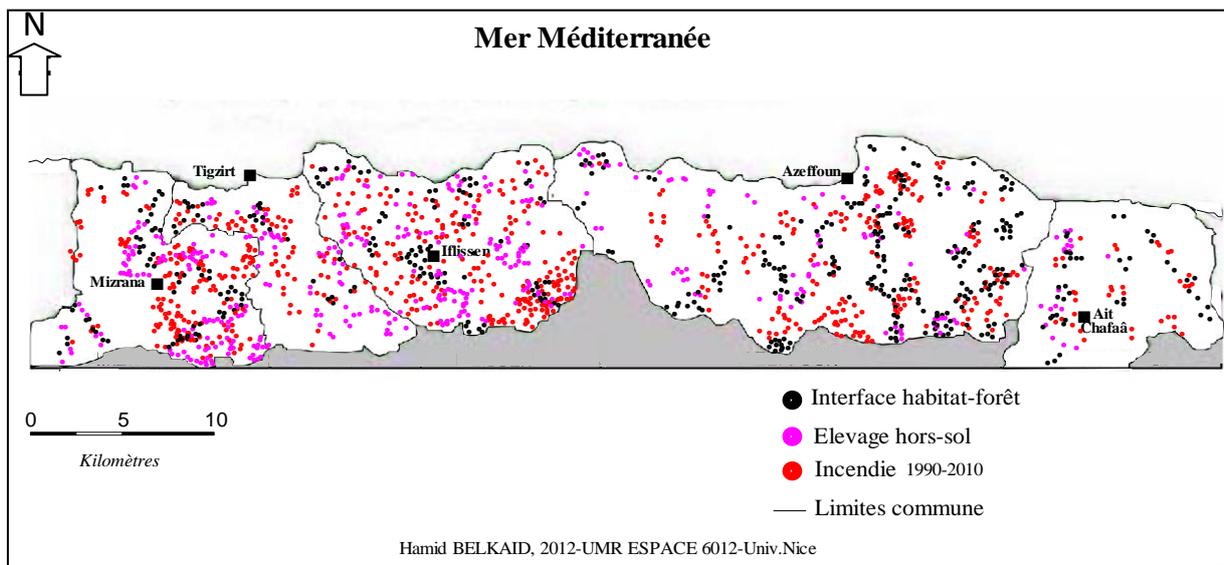
Selon les relevés des services des forêts chargés de la gestion d'une part du risque lié à la biomasse végétale, les incendies touchent toutes les formations végétales existant le long de la côte Kabyle. Néanmoins, les feux sont répartis dans l'espace suivant la présence et la concentration du combustible végétal mais aussi et surtout suivant le tissu urbain qui offre des sources diverses à la mise à feu.

Ces constatations indiquent que les incendies se déclarent, en général, non loin des habitations, des lieux d'activités et des routes, ceci montre l'implication indirecte de l'homme dans l'apparition des feux.

Les buissons sont régulièrement fréquentés par les paysans riverains pour des activités d'élevage, de chasse, de cueillette ou autre, créant ainsi un contact quasi-permanent avec les milieux forestiers, accentué par la présence significative d'interfaces habitat/forêt, à cause, notamment, de la poussée de nouvelles constructions individuelles encouragées dans le cadre du programme de l'habitat rural. Ceci augmente considérablement le risque de mise à feu.

De surcroît, la présence d'un tissu sub-urbain pénétrant profondément les milieux forestiers et ruraux avec une large répartition spatiale sur toute la côte Kabyle, fait que chaque endroit peut être un lieu potentiel de départ de feu.

Les lieux de départ des feux ne peuvent, donc, être dissociés de la présence de l'homme dans la quasi-totalité des cas.



**Figure 3.11** : Répartition spatiale approximative des incendies, des interfaces h/f et de l'élevage h/s en Kabylie maritime (1990-2009)

La figure ci-dessus montre la répartition spatiale des incendies et de la présence de l'homme à travers son habitat et son activité. Les zones d'habitat et d'activité sont des domaines d'influence immédiats, car ils constituent des points-contact entre l'homme et les espaces forestiers de la Kabylie maritime. Les incendies se déclarent au voisinage des zones d'influence immédiates de l'homme. Les incendies causés par la foudre ou par un arc électrique ne constituent qu'une infime part des incendies qui se déclarent en été dans la zone maritime de la Kabylie et ces derniers se déclarent aléatoirement et peuvent toucher n'importe quel endroit, même si ce dernier n'est pas fréquenté par l'homme.

Ce sont, donc, les comportements sociaux qui sont mis en cause dans la multiplication des incendies à travers les espaces forestiers et sub-forestiers existant dans cette zone, mais l'absence d'une réelle étude des causes empêche d'affirmer par quelle voie de causalité (intentionnelle, accidentelle, négligence ou autres) ces incendies sont provoqués.

A ce titre, 8 incendies sur 10 ne sont jamais élucidés et leurs causes ne sont pas connues. Pourtant, la connaissance des causes des incendies est d'une importance extrême pour pouvoir apporter des réponses efficaces à ce problème. Toute mesure est hasardeuse si elle ne tient pas compte des vraies causes qui sont derrière cette situation préoccupante.

### 3.9 Causes connues ou probables

Compte tenu de la spécificité de la zone côtière de la Kabylie, de ses caractéristiques biogéographiques et de la répartition de l'action de l'homme dans cet espace, les causes des incendies sont indéniablement liées, en grande majorité, aux comportements humains

contrairement à l'hypothèse qui continue à incriminer les conditions climatiques et évoque les causes naturelles.

Les statistiques renseignent qu'en Algérie le pourcentage d'incendies de cause inconnue est très élevé. En effet, près de 78 % des causes ont une origine inconnue, tandis que 20 % sont intentionnelles (voir chapitre 1). Une infime partie des causes est d'origine accidentelle comme les imprudences.

C'est un véritable handicap que d'avoir un taux aussi élevé de causes inconnues pour la mise en place d'un plan de prévention qui devrait tenir compte de la réalité du terrain. La prise en charge de ce volet est d'une nécessité primordiale pour pouvoir répondre efficacement au problème des incendies en Kabylie maritime et en Algérie en général.

Cette perte de l'information sur les causes probables de départ d'incendies est due substantiellement au manque de moyens d'investigation, mais aussi au nombre important d'incendies qui se succèdent en une courte période, ne laissant pas, de ce fait, le temps nécessaire à l'aboutissement des enquêtes, en mettant en situation de débordement les unités de prévention et de lutte concernées.

Toutefois, il y a comme une absence d'intérêt à remonter jusqu'à l'origine du départ des feux à cause de la difficulté et du coût de cet exercice. Certains feux se déroulent dans des endroits non sécurisés compromettant ainsi tout espoir de recherche de la cause. Pourtant, toute stratégie de prévention tient compte d'un certain nombre d'informations caractérisant un territoire donné, et parmi elles, les causes présumées qui déclenchent le plus grand nombre d'incendies, et c'est là qu'apparaît l'importance et le rôle de l'étude et de la mise en évidence des causes d'éclosion des incendies.

Les causes qui sont à l'origine des incendies au niveau de la zone côtière Kabyle ne sont pas identifiées dans leur grande majorité. Outre la malveillance et l'insouciance, il y a le besoin des riverains en matière de terre et de parcours, comme le cas des incendies de fin d'été qui sont provoqués volontairement par certains paysans dans l'intention de renouveler leurs parcours, mais aussi pour défricher des terres précédemment inaccessibles. Ces incendies s'étendent aux buissons voisins et finissent leurs courses en forêts.

En outre, les événements politiques qu'a connus l'Algérie durant ces 20 dernières années, n'ont pas épargné la Kabylie et ses espaces forestiers, les hostilités ont causé le déclenchement de beaucoup d'incendies.

La stratégie de prévention contre les incendies doit tenir compte non seulement des spécificités de chaque région, mais aussi de celles de chaque commune.

Il faudra peut-être sortir des plans classiques qui tendent à généraliser les méthodes de lutte contre le feu, qui ne sont pas forcément adaptées aux conditions strictement locales.

La mise en place d'un plan local de prévention et de lutte contre les incendies serait plus judicieuse pour chaque région ou localité. Un plan qui doit intégrer les caractéristiques de chaque localité ; son potentiel économique, son relief, sa vocation, ses activités, etc.

A titre d'exemple, les communes d'Iflissen et d'Azeffoun enregistrent annuellement un nombre très élevé d'incendies par rapport aux autres communes de la Kabylie. De ce point de vue, elle doivent avoir leur propre plan et leur propre stratégie de prévention, basés sur un préjudice exceptionnel subi annuellement, des conditions de mise à feu particulières, de la présence d'activités humaines, d'une végétation sensible, de la récurrence, de la nature juridique des terres, de l'accessibilité (relief accidenté), de la nature du rapport de l'homme avec son environnement, mais aussi des causes prépondérantes de départs des feux qui peuvent fondamentalement être différentes des autres localités de la région.

### **3.10 Place du feu dans la pratique agricole et pastorale**

L'activité agricole la plus répandue dans notre zone d'étude est l'élevage de bétail. La culture maraîchère et la récolte oléicole occupent également une place importante dans la production locale. La culture maraîchère occupe, principalement, la plaine d'Azeffoun et d'Aït Chafaâ et la récolte oléicole caractérise les collines de Grande Kabylie.

La plupart du temps, les exploitations sont de modestes propriétés privées qui ne produisent que des quantités limitées pour couvrir les besoins locaux. La plupart des récoltes sont destinées à la consommation des ménages et la commercialisation ne concerne que certains produits laitiers et les viandes, qui s'écoulent dans les marchés locaux.

L'utilisation du feu par l'homme pour ses besoins en matière agricole est une pratique très ancienne. Cette pratique est toujours d'actualité, elle marque la saison des labours et de la préparation du terrain à accueillir les premières pluies. Avant de retourner la terre, elle doit être débarrassée de toutes les mauvaises herbes et des arbustes. Le feu apparaît comme le meilleur outil pour accomplir cette tâche, surtout que les cendres engendrées contribuent à la fertilisation du sol.

A la fin de l'été, l'herbe devient rare et pour accélérer le retour de cette herbe en quantité et en qualité, les éleveurs mettent volontairement le feu aux parcours pour améliorer leur rendement. Mais parfois le feu est pratiqué à tort, car le pacage causé par les animaux

d'élevage (ovins, bovins et caprins) réduit sensiblement la capacité fonctionnelle des sols et le feu ne peut rendre au sol ces caractéristiques d'avant.

## **Conclusion**

L'étude de la dynamique des incendies en Kabylie maritime a révélé une variabilité temporelle où les incendies se déclarent principalement pendant la saison estivale.

La fréquence augmente sensiblement au mois de juillet et atteint son paroxysme au mois d'août. A l'échelle de la journée, les incendies entament leur apparition très tôt le matin mais avec de très faibles fréquences, leur nombre culmine au milieu de la journée où les températures et l'intensité solaire sont à leur maximum. La baisse des températures et de l'intensité solaire au coucher du soleil favorise une baisse des fréquences des incendies à ce moment de la journée.

Le nombre moyen d'incendies qui se déclarent au niveau de la Kabylie maritime reste nettement supérieur à la moyenne départementale.

La plupart des incendies, qui touchent la Kabylie maritime, engendrent des conséquences importantes en matière de surface végétale détruite. La surface moyenne détruite par incendie est également au-dessus de la moyenne départementale.

La caractérisation des incendies de ce terrain d'étude a permis de mettre en évidence la part importante du préjudice incendiaire que supporte la Kabylie maritime par rapport à l'ensemble de la wilaya de Tizi Ouzou. La majorité des incendies sont de petite taille, mais il existe également une part importante d'incendies de moyenne taille, seule une infime proportion est de grande taille.

La présence humaine ne semble pas étrangère à l'apparition des feux en Kabylie maritime, mais il est à ce stade impossible de se prononcer sur cet aspect compte tenu de l'absence d'une étude sur les causes des incendies dans cette zone. C'est pourquoi le prochain chapitre est consacré à l'étude du facteur humain pour tenter de mettre en évidence le lien entre les incendies et l'action anthropique.

## **CHAPITRE 4**

### **Facteurs d'incendies et analyse de la variabilité spatiale du feu en Kabylie maritime**

Les écosystèmes forestiers et pré-forestiers de notre terrain d'étude sont exposés à de multiples perturbations qui sont dans la majorité des cas directement liées au facteur humain. En effet, compte tenu du caractère forestier de la côte Kabyle, la plupart des extensions urbaines et des activités agricoles s'effectuent non seulement au détriment de son couvert végétal, mais elles génèrent beaucoup d'incendies de végétation par la suite.

Cette action néfaste de l'homme vis-à-vis de l'environnement n'est pas spécifique à la civilisation actuelle ; des études ont souligné que les premières crises écologiques d'origine anthropique ont eu lieu vers 3860 B.P  $\pm$  130 en région méditerranéenne (MORHANGE et *al.*, 1995).

Ce chapitre est consacré à l'explication des incendies de végétation par l'analyse de la variabilité spatiale de ces derniers et la mise en évidence des principaux facteurs humains qui conditionnent la répartition des départs de feu.

L'analyse statistique réalisée dans le chapitre précédent a montré une certaine stabilité de la fréquence interannuelle des incendies et une tendance à la baisse des surfaces brûlées au niveau de la Kabylie maritime pour la période 1990-2009. Les incendies font, donc, de moins en moins de surfaces brûlées, mais leur fréquence ne baisse pas.

Au vu de ces mêmes résultats, l'augmentation du nombre d'incendies a peu d'influence sur les surfaces brûlées.

Par conséquent, la compréhension de cette situation quasi-paradoxe nécessite une analyse plus avancée des facteurs influençant l'évolution des incendies de forêts, car l'environnement physique et socio-économique de cette région offre une multitude de conditions qui peuvent favoriser l'éclosion et la propagation des incendies. L'action de l'homme ne peut, donc, être étrangère à l'apparition massive d'incendies. Elle intervient en deux temps : la modification lente et progressive de l'espace et la mise à feu instantanée.

La modification de l'espace par l'homme s'accompagne souvent par l'exercice d'une pression sur les éléments biotiques et abiotiques de son environnement, mais comme cette action est étalée dans le temps, la prise de conscience sur les effets de l'occupation et de l'utilisation d'un espace n'intervient que tardivement.

#### 4.1 Pression anthropique

La plupart des incendies de végétation qui se déclarent en Kabylie maritime ont une relation directe ou indirecte avec la présence humaine. C'est une relation qui reste, dans la plupart des cas, supposée et très peu prouvée. Ceci affaiblit considérablement l'explication du phénomène incendie par le comportement humain. Mais plusieurs éléments comme l'urbanisation laissent penser que l'action de l'homme est à l'origine de la quasi-totalité des incendies qui se déclarent dans cette zone. En effet, plusieurs auteurs ont mis en évidence le lien existant entre les incendies et les espaces urbains situés au voisinage des forêts. CHUVIECO *et al.*, (1999), VELEZ, (2000), LOPEZ (2008) et CATRY *et al.* (2007) *in* GANTEAUME *et al.*, (2013) ont constaté que plus de 70 % des incendies de forêts qui se sont déclarés au Portugal ont eu lieu dans des communes à forte densité de population et 85 % des incendies se sont produits à moins de 500 mètres des zones urbaines et 70 % des incendies se sont déclarés à moins de 500 mètres des routes principales.

A l'instar des milieux ruraux algériens, la population de la côte kabyle varie d'une commune à une autre et d'un recensement décennal à un autre. Elle est de 9464 habitants pour la commune de Mizrana à l'extrême Ouest et de 3775 habitants pour Aït Chafaâ à l'extrême Est de la zone d'étude, en passant par les communes du centre à savoir Tigzirt et Iflissen qui présentent respectivement 11962 et 14311 habitants. La commune d'Azeffoun présente un nombre de 16847 habitants (figure 4.1, données du dernier recensement général de la population et de l'habitat, 2008). Au total la population littorale avoisine les 57 000 habitants (recensement 2008).

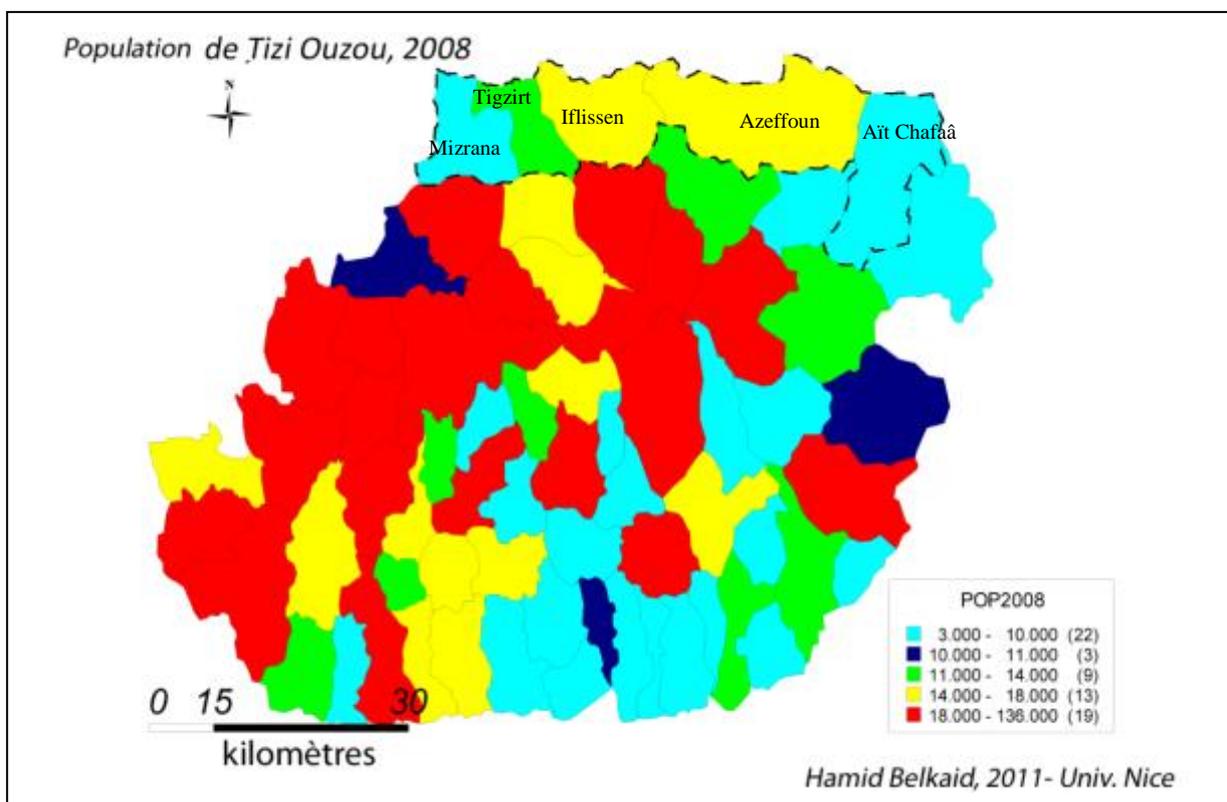
Les dernières statistiques indiquent un net ralentissement, à partir du début des années 1990, de la croissance démographique pour la majeure partie des 67 communes (36/67) de la wilaya de Tizi Ouzou, mais la croissance moyenne reste positive pour les communes littorales avec un taux d'accroissement de +0,03 malgré une légère décroissance de la population (-0,02) au niveau de la commune d'Aït Chafaâ et de la commune d'Iflissen (recensement général de la population et de l'habitat, 2008).

En dépit de sa variabilité spatio-temporelle, le nombre d'habitants reste l'un des facteurs qui interviennent indirectement dans la dégradation des ressources naturelles notamment l'eau et la végétation. La tendance à la baisse du nombre d'habitants des communes littorales de la wilaya de Tizi Ouzou entre les deux recensements de l'année 1998 et l'année 2008, laisse présager, à moyen terme, une modération de la pression anthropique qui s'exerce sur les

ressources naturelles, à condition qu'un lien significatif, en théorie évident, soit mis en évidence entre ces deux variables, chose qui reste inconnue jusqu'alors dans cette zone.

Cependant, à la vue des données disponibles, les incendies restent un élément central de la dégradation des forêts à côté du surpâturage et de l'urbanisation qui sont aussi des facteurs anthropiques qui varient en fonction de la variation du nombre d'habitants.

En outre, même si le lien entre la croissance du nombre d'habitants et l'augmentation de la fréquence des incendies n'est pas encore mis en évidence en Kabylie maritime, il reste, néanmoins, que l'action de l'homme est le premier facteur mis en cause par les spécialistes locaux de la forêt dans le déclenchement des incendies.



**Figure 4.1** : Carte de la population de la wilaya de Tizi Ouzou, 2008

La FAO prévoyait en 2001 un accroissement de la pression démographique sur la partie Nord de l'Algérie et indiquait qu'une mise en place d'outils de soutien à la croissance économique, permettrait de maintenir les populations rurales en place et pourrait aussi jouer un rôle dans la modération de la pression sur les ressources naturelles, pourvu que l'orientation des activités soit adaptée aux spécificités et aux potentiels économiques locaux.

Néanmoins, les dynamiques sociales qui sont un élément important du dynamisme spatial demeurent les plus difficiles à prévoir sur l'échelle du temps. Ce qui rajoute de la difficulté à la construction des hypothèses et des prévisions, voire la modélisation des changements ou

des transformations des espaces ruraux, surtout que ces dernières s'opèrent en fonction des conditions socio-économiques qui connaissent de longues périodes d'instabilité.

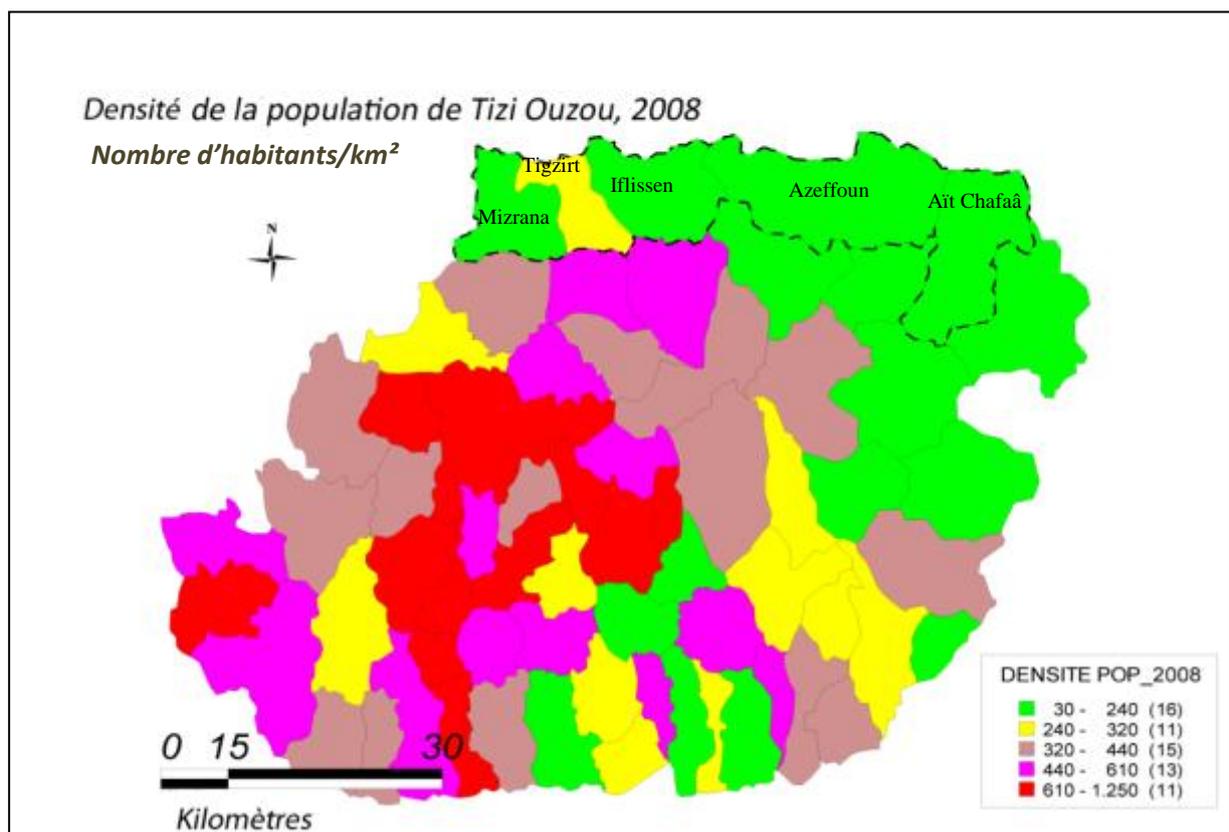
Dans le cas des incendies de forêts, la démographie n'intervient pas directement sur le nombre de feux qui se déclarent, car les grandes villes abritent plusieurs centaines de milliers d'habitants mais ne connaissent pas nécessairement des nombres élevés d'incendies. Néanmoins, la démographie demeure l'un des générateurs de la pression anthropique, laquelle favorise le déclenchement des feux, pourvu que celle-ci soit conjuguée à la présence d'une végétation inflammable et à un environnement favorable à l'évolution d'un feu comme la chaleur, le vent et la topographie. ARCHIBALD *et al.*, (2009) *in* GANTEAUME *et al.*, (2013) ont confirmé la relation positive qui existe entre la densité de la population et l'apparition des incendies.

Cependant, malgré le nombre important d'habitants que présentent les trois communes du centre du littoral Kabyle à savoir Tigzirt, Iflissen et Azeffoun, la densité de la population est parmi les plus faibles de toute la wilaya de Tizi Ouzou, tel que le montre la carte de la densité de la population de la figure 4.2. Cette faible densité est une indication qui traduit une certaine modération de la pression anthropique sur le littoral Kabyle, pourtant, en matière d'incendies les communes littorales demeurent parmi les plus touchées de toute la wilaya de Tizi Ouzou. Ce paradoxe renforce l'idée de l'existence d'un mode approprié de la répartition spatiale de l'action anthropique qui fait augmenter les départs d'incendies en Kabylie maritime. Autrement dit, le mode de répartition spatiale des facteurs anthropiques comme source potentielle de départ d'incendies, peut être à l'origine des hautes fréquences de ceux-ci. Les sources potentielles de déclenchement des incendies peuvent être réparties dans l'espace selon plusieurs façons: elles peuvent être uniformes, diffuses, concentrées, etc. En effet, en théorie, une distribution diffuse ou uniforme de ces sources de façon à occuper totalement un espace donné, favoriserait l'apparition d'un nombre d'incendies égal au nombre de sources de chaleurs disponibles. En revanche, la concentration de ces sources de chaleur dans un point donné de cet espace, augmenterait, certes la probabilité d'éclosion mais pas le nombre d'incendies. Ce cas est quasi-improbable dans la réalité car cette situation ne peut se rencontrer que dans les grands centres urbains.

Ce serait le cas, par exemple, de 10 bougies allumées et disposées dans un espace donné de façon à occuper totalement ce dernier, et qui risquerait théoriquement de déclencher 10 incendies, mais si on dispose ces mêmes bougies dans un même endroit, en créant sûrement

une importante source de chaleur, mais qui n'aboutirait, au final qu'au déclenchement d'un seul incendie. Ce qui montre l'importance du type de répartition des sources potentielles de déclenchement du feu, qui reste dans le cas des feux de forêts lié à l'activité humaine dans leur majorité.

En Kabylie maritime le nombre d'habitants ne semble pas influencer significativement la genèse du feu, car la densité de la population est parmi les plus faibles de la wilaya de Tizi Ouzou, mais c'est plutôt l'occupation du sol et la répartition spatiale de l'action de l'homme qui peuvent être à l'origine de cette fréquence élevée d'incendies, sinon comment expliquer que les communes les plus peuplées de la Kabylie (> 18 000 habitants avec une densité > 610 h/km<sup>2</sup>) connaissent nettement moins d'incendies que les communes de la côte Kabyle, sachant que ces communes présentent à peu près les mêmes conditions climatiques, de relief et de végétation où le nombre d'incendies est quasiment inversement proportionnel au nombre d'habitants.



**Figure 4.2** : Carte de la densité de la population de Tizi Ouzou, 2008

L'exemple de la commune d'Iflissen illustre au plus haut point le paradoxe existant. Malgré la présence d'une très faible densité de la population, les fréquences d'incendies sont les plus

élevées de toute la wilaya de Tizi Ouzou. Le rapport du nombre d'habitants à la surface communale présage une faiblesse de la pression anthropique sur les ressources forestières, mais vu le nombre important d'incendies qui se déclarent dans cette commune, l'explication peut-être trouvée dans le mode de la répartition spatiale de l'action anthropique (habitat éparse et diffus) qui favorise le départ des feux.

#### **4.1.1 Activité économique**

Le domaine littoral kabyle est caractérisé par la présence d'une grande variété d'activités économiques où dominent l'élevage, l'agriculture vivrière et la pêche. Le travail de la terre au niveau du littoral kabyle a beaucoup évolué dans le temps. L'homme a occupé cet espace depuis les premiers siècles de la civilisation, en témoignent certains vestiges de l'antique cité romaine construite au bord de la mer, vers le milieu du deuxième siècle A-C. Certains historiens ont évoqué, également, l'existence d'une importante activité commerciale à l'ère des phéniciens, pour laquelle le littoral kabyle a servi de « comptoir ».

L'activité commerciale de l'époque antique est synonyme d'échanges de produits agricoles, forestiers et pastoraux et probablement artisanaux. Ceci laisse penser que l'agriculture était pratiquée à côté du pastoralisme et de la sylviculture. Mais la rareté d'informations sur l'agriculture ancienne pratiquée au niveau de la Kabylie maritime, constitue un obstacle pour retracer l'évolution des pratiques agricoles dans cette zone. On se contente, donc, d'évoquer la période récente pour traiter la question agricole en Kabylie maritime. En effet, les années 1970 ont été marquées par l'encouragement des populations rurales à se tourner vers l'agriculture moderne, avec, notamment, l'introduction de nouveaux moyens sophistiqués qui facilitent le travail de la terre en moyenne montagne. En revanche, la nature escarpée du relief (pentes > 12 %) compromet fortement le travail mécanique ce qui décourage les paysans et les agriculteurs (BESSAOUD, 2006).

Ces difficultés conjuguées à l'échec de la politique agraire ont provoqué un exode rural massif amorcé au début des années 1980. En effet, le repli des populations rurales vers les villes a précipité le retour des broussailles et des maquis bas qui ont envahi toutes les terres agricoles abandonnées.

Néanmoins, malgré l'émergence d'autres types d'activités économiques comme les commerces de proximités et l'artisanat, l'agriculture traditionnelle occupe toujours une place importante dans les milieux ruraux kabyles. Elle s'articule autour de l'élevage (ovin, bovin et caprin), de l'arboriculture (olivier et figuier) et des cultures maraîchères. La seule activité de fauchage de l'herbe qui sert de nourriture aux animaux permet d'éliminer une grande quantité

de combustible et crée des discontinuités importantes dans ce dernier et limite ainsi la progression des feux.

Le domaine de la moyenne montagne constitue environ 70 % de la superficie totale du littoral Kabyle. La superficie utilisée pour l'agriculture est très faible et ne représente que 0,57 % de la superficie totale du domaine littoral. L'arboriculture fruitière et les cultures maraîchères sont les deux principales cultures de la région, mais le maraîchage est localisé principalement dans les communes d'Azzefoun et d'Aït Chafaâ. La superficie totale agricole pour les cinq communes est de 907,36 ha, ce qui reste très peu significatif (tableau 4.1).

**Tableau 4.1:** Surface agricole par commune

Communes	Superficie communale (ha)	Superficie agricole (ha)
<b>Mizrana</b>	5 783 750	0
<b>Tigzirt</b>	4 167 500	20,5
<b>Iflissen</b>	6 686 500	8,17
<b>Azzefoun</b>	12 666 250	535,72
<b>Ait Chafaâ</b>	8 548 750	342,97
<b>Total</b>	<b>37 852 750</b>	<b>907,36</b>

La population rurale en Algérie est en baisse progressive, elle a baissé de 68,6 à 37 % entre 1966 et 2005 (BESSAOUUD, 2006). Ceci ne signifie pas uniquement le déclin progressif des activités agropastorales, mais aussi et surtout une substitution progressive des activités traditionnelles à cause, notamment, de la tendance à l'urbanisation des zones rurales et les maigres revenus tirés à partir des activités agricoles.

L'économie forestière constitue également une source précieuse de revenus pour les habitants et ne se limite pas uniquement à l'exploitation du bois mais c'est aussi une source riche d'aliments pour les cheptels et un espace propice aux activités apicoles.

L'expansion du tissu urbain et du réseau routier provoque davantage de fragmentation du paysage forestier qui rétrécit de décennie en décennie et dans cette même dynamique, on assiste à une sorte de transition économique qui se traduit par une substitution des formes et des méthodes de production traditionnelles par de nouvelles méthodes plus modernes.

Le développement de la filière lait et de l'élevage hors-sol pour la production de la viande est l'un des indicateurs d'une industrialisation qui se met progressivement en place. Le recours systématique à l'élevage statique (élevage hors-sol) et le développement de la filière avicole

laisse place au retour de la végétation buissonnante autrefois broutée et réduite dans son volume par les animaux.

#### **4.1.2 Urbanisation**

L'urbanisation constitue la principale source du changement environnemental (BERRY, 1990 *in* BADIA *et al.*, 2001).

Le développement du littoral Kabyle se perçoit dans l'urbanisation galopante qui a pris d'assaut toute la bande littorale et les collines côtières. L'urbanisation s'est développée progressivement avant les années 2000, mais depuis, elle s'est accélérée en atteignant plusieurs dizaines de maisons par an, grâce notamment à l'aide financière directe octroyée par l'État pour encourager les habitants à construire leurs propres habitations. Le volet habitat rural s'inscrit dans un vaste programme destiné à l'amélioration des conditions du logement des populations rurales et la préservation de leurs activités, considérées comme bénéfiques pour la protection des forêts contre les feux.

Mais d'après OUALIKENE (2009), l'espace côtier de la wilaya de Tizi-Ouzou fait partie des zones économiques qui n'ont pas suffisamment bénéficié des investissements publics et privés et subit les conséquences de la croissance urbaine qui a eu des incidences négatives sur les performances du secteur agricole local.

La prolifération du bâti joue un rôle déterminant dans la création des discontinuités dans le paysage végétal et par voie de conséquence, la limitation de la propagation du feu, mais elle est paradoxalement, à l'origine de beaucoup d'incendies. De là naissent des espaces d'interaction entre les dynamiques naturelles du combustible végétal et les dynamiques anthropiques d'urbanisation.

Il ressort de l'observation de la figure 4.3, que le bâti est différemment réparti dans ces communes littorales. Pour la commune d'Azeffoun, par exemple, les habitations se concentrent sur la bande côtière moins boisée et sont très diffuses vers l'arrière-pays plus boisé. En revanche, pour la commune d'Iflissen, le bâti constitue un tissu continu depuis la côte vers l'arrière-pays et occupe la quasi-totalité de la surface communale.



**Figure 4.3 :** Répartition du tissu urbain des communes littorales Kabyles

Les villages littoraux sont d'une architecture assez simple ; un ensemble de petites maisons traversées par une artère principale et quelques sentiers, c'est le schéma standard rencontré dans la plupart des villages. En revanche, les villes côtières sont caractérisées par une architecture moderne ; plus complexe. Les deux principales villes côtières qui sont Tizirt et Azeffoun, sont caractérisées par des constructions linéaires qui sont réalisées en grande partie sur une bande étroites de 1 à 1,5 km environ.

Le tissu urbain de la bande littorale est très hétérogène et diffus, il est constitué d'un mélange de constructions individuelles et collectives arborant une mosaïque urbaine très particulière. La particularité urbaine de ces villes littorales est aussi la continuité de son tissu qui montre un paysage fusionnel entre villes côtières et villages côtiers.

Le domaine rural côtier subit plutôt une transformation qu'un développement, car il souffre de l'absence d'une réelle stratégie d'urbanisation qui permet à la fois, un maximum d'harmonie et une meilleure utilisation de l'espace. Par conséquent, un tissu sub-urbain commence à faire son apparition et s'accompagne d'une modification de la structure classique des villages kabyles.

La vacance du terrain littoral au profit de l'urbanisme non contrôlé affecte profondément les ressources et le paysage côtier. L'extension urbaine se fait le plus souvent vers des terrains dégagés, plus ou moins constructibles, ou qui offrent un relief plus facile d'accès pour l'implantation des différents projets.

Un espace végétal agréant des habitations suffisamment réparties et occupant plusieurs endroits de l'espace, même avec moins de densité, risque de développer plus d'incendies qu'un espace agréant des habitations plus concentrées, constituant des zones artificielles à faible risque d'éclosion. Bien que la cause de nombreux incendies soit mal définie, il reste tout de même que la plupart des incendies, qui se déclarent en région méditerranéenne, sont

d'origine humaine et se situent en grande partie dans les zones périurbaines (FOX et *al.*, 2014).

Il est donc évident que l'éclosion, du point de vue espace (occurrence spatiale), est conditionnée par l'existence d'une origine, c'est-à-dire de la source qui génère l'étincelle ou la flamme qui fait naître le feu. Les origines sont diverses et variées, mais elles ont toutes, à l'exception de la nature (foudre, volcan, météorite...) un lien avec la présence, l'activité et l'utilisation de l'espace par l'homme.

Les sources susceptibles de déclencher des incendies peuvent être identifiées et répertoriées en amont ou en aval avec un travail d'enquête, grâce, notamment, à la consultation des bases de données existantes sur les endroits de départ des feux.

#### **4.1.3 Réseau routier**

Les incendies sont très fréquents aux voisinages des routes et des pistes carrossables. Cette catégorie d'incendies représente plus de la moitié des incendies qui se déclarent en Kabylie maritime. Cette situation corrobore celle des incendies dans le Sud de la France (Alpes maritimes), où plus de 50 % des incendies se déclarent à moins de 50 mètres d'une route (ROBIN, 2006).

Le réseau routier ne s'est pas trop développé mais il est suffisamment dense pour assurer une fluidité du trafic. En ce qui concerne les communes littorales, elles sont accessibles par quatre routes nationales la RN 71, la RN 72, la RN 73 et la RN 24.

Les nationales sont reliées entre elles par cinq chemins de Wilaya : CW3, CW37, CW252, CW158 et CW159.

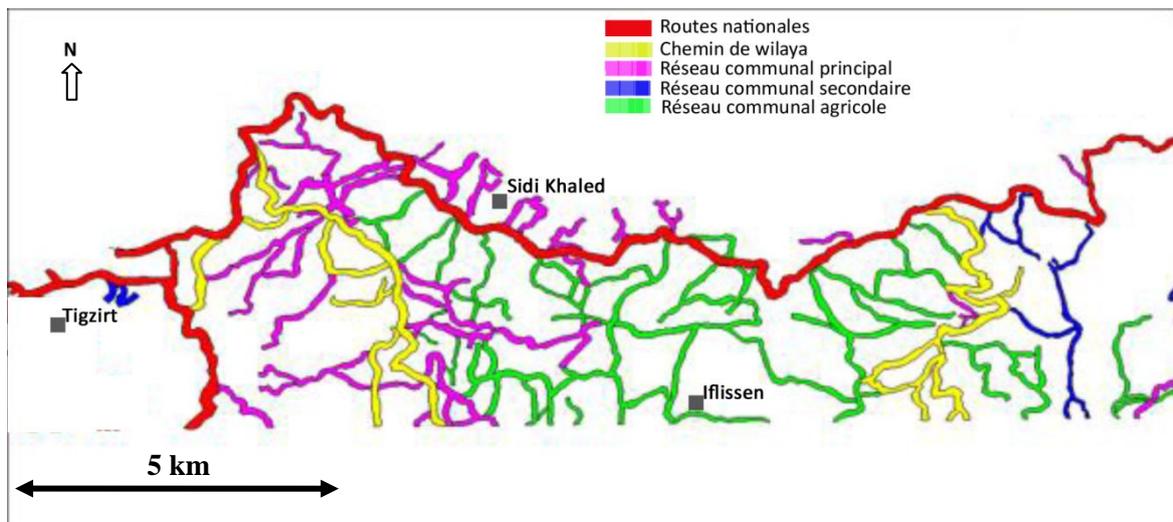
Les routes communales représentent le réseau le plus important des communes littorales. Le réseau communal assure la liaison entre tous les villages et les hameaux avec les chefs-lieux des communes, sachant que les communes littorales sont constituées de plusieurs dizaines de villages : la commune d'Azeffoun compte une petite ville et 52 villages, la commune d'Iflissen compte 41 villages, la commune de Mizrana compte 17 villages et la commune de Tizirt compte une grande ville et 12 villages.

En 1900 le réseau routier de la Kabylie était peu développé. Mais le domaine littoral kabyle était, quand même, doté des principaux axes qui ont servi d'assises pour le réseau routier actuel, à savoir les quatre principales routes nationales (N71, 72, 73 et 24) et une route départementale (DE CRESCENZO, 2007). Mais au fil du temps, le réseau routier s'est développé avec la construction de plusieurs autres routes secondaires intra et intercommunales.

Actuellement la longueur totale du réseau routier de Tizi Ouzou est estimée à 4307,88 Km dont 3081,78 Km est communal. Comme le montrent ces chiffres, le réseau communal est de loin le plus important et constitue une toile fragmentaire de l'espace plus que n'importe quel autre type d'occupation du sol et génère un important risque de départ de feu.

La croissance du réseau routier (figure 4.4), n'est qu'un indicateur supplémentaire du développement du littoral.

Lors de nos sorties sur le terrain nous avons pris quelques images qui montrent des incendies qui se sont déclarés très près des routes (figure 4.5).



**Figure 4.4:** Quelques tronçons du réseau routier actuel, Tizirt Est-Iflissen

Des études au Sud de la France ont montré que les incendies ont un lien avec les routes et les habitations (PAULET, 1982). C'est ce que nous allons, également, tenter de montrer en Kabylie maritime, sachant que nous ne disposons que d'un nombre limité d'incendies dont la distance à la route est mesurée.



**Figure 4.5 :** Incendies à proximité des routes en Kabylie maritime (BELKAID, 2012)

Le trafic routier s'est accentué avec le développement du réseau secondaire et la modernisation de certains axes primaires. Le nombre de véhicules qui arpentent ces routes se multiplie pendant la saison estivale, car les plages sont la destination privilégiées des vacanciers. Ceci n'est pas sans risque sur l'environnement, car l'augmentation de la fréquentation touristique du littoral accentue également le risque de départ des feux.

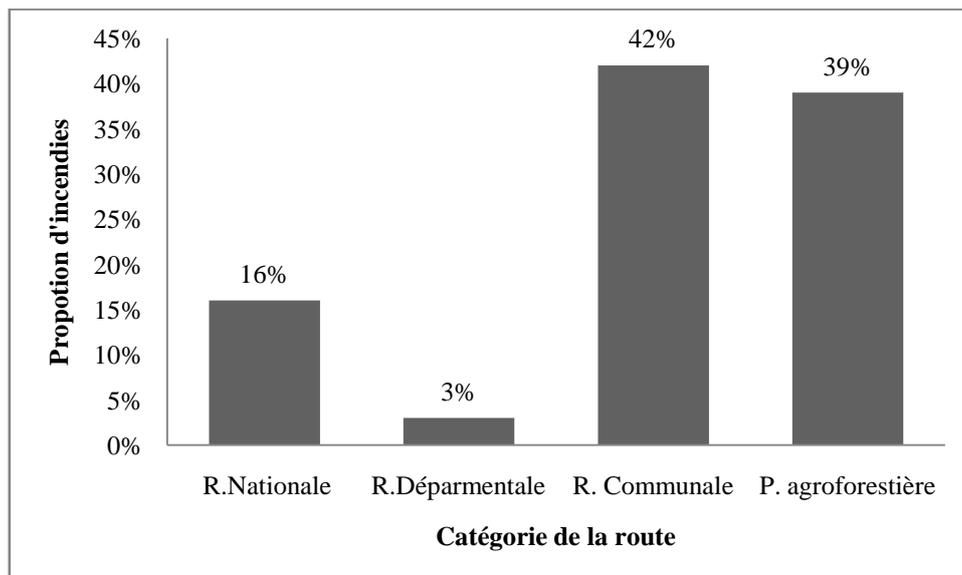
Le mois d'août correspond à la période où des pics de chaleurs et d'incendies sont enregistrés, c'est aussi le mois qui connaît le plus de départs en vacances, l'imprudence des touristes est une cause supplémentaire qui vient s'ajouter à une liste déjà longue de causes de départs de feux.

➤ **Répartition des incendies en fonction de la catégorie du réseau routier**

La figure 4.6 montre la répartition des incendies selon la catégorie de la voie routière. Les incendies se déclarent beaucoup plus à proximité des routes communales et des pistes agro-forestières de la Kabylie maritime.

Le réseau des routes communales est de loin le plus dense de la façade maritime, voire de toute la Kabylie. Les pistes agricoles également ne sont pas des moindres puisque 39 % des incendies se déclarent à leur proximité, alors que 42 % des incendies se déclarent au voisinage des routes et des chemins communaux.

Les trois routes nationales RN 24, RN 72 et RN 71 connaissent un important trafic pendant la saison estivale ce qui fait grimper le nombre d'incendies enregistrés à leur proximité.



**Figure 4.6 :** Répartition du nombre d'incendies par type de voie routière

Par ailleurs, le nombre d'incendies enregistré à proximité des routes départementales de la zone d'étude est le plus faible.

#### 4.2 Biomasse combustible

Au niveau de la Kabylie maritime, le combustible est inégalement réparti dans l'espace et plusieurs modèles peuvent s'y rencontrer.

Les formations basses (garrigues) dominent et occupent une large partie des territoires du littoral kabyle. On y rencontre, également, des maquis arborés et des forêts dégradées de Chêne-liège par endroit dans la partie centre, allant de Tizirt Est jusqu'à Azeffoun Ouest en passant par Iflissen. Le volume ligneux est moins important.

La plus grande biomasse combustible se concentre, essentiellement, dans la forêt de Mizrana avec ses 18 cantons de Chêne-liège et ses maquis arborés, mais un grand réservoir de combustible se rencontre, également, sur les hauteurs de la commune d'Iflissen et particulièrement dans la forêt d'Aberrane, et au niveau de la forêt d'Aït Chafaâ.

L'hétérogénéité de la répartition spatiale de la biomasse combustible au niveau du littoral kabyle, confère au risque incendie une variabilité spatiale contrastée.

La figure 4.7 montre la répartition des formations végétales au niveau de la Kabylie maritime. La végétation est plus importante à l'extrême Est et à l'Ouest, mais elle l'est beaucoup moins au Centre.

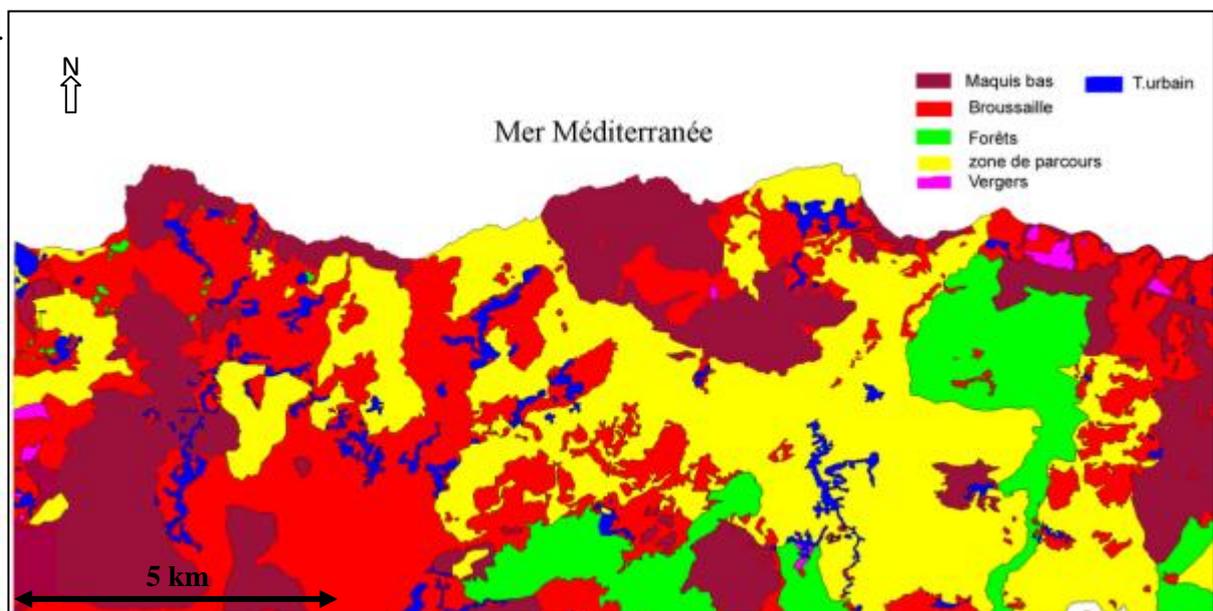


Figure 4.7 : Répartition des différentes formations végétales, Mizrana Est-Tizirt-Iflissen-Azeffoun Ouest

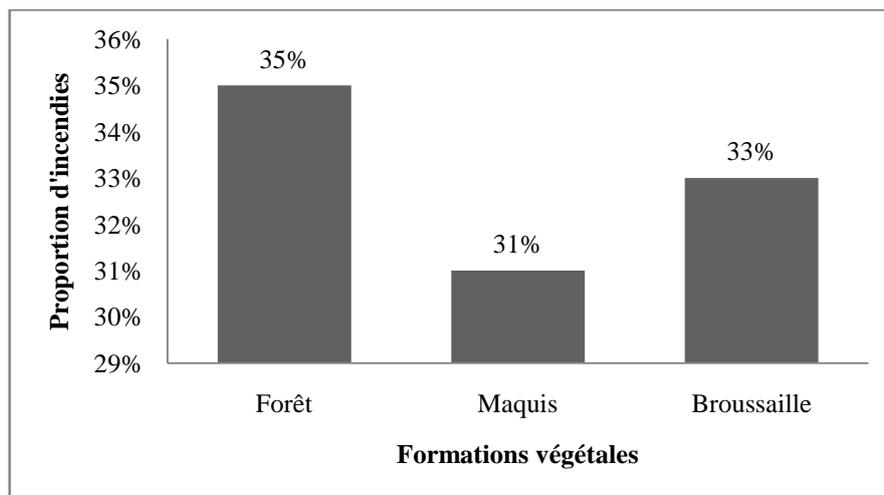
Le risque qu'un feu se maintienne nécessite, entre autre, la présence d'une quantité suffisante de combustible. Cependant, plusieurs incendies ont, tout de même, détruit de grandes surfaces de couvert végétal sans pour autant avoir rencontré sur leur passage que des formations denses et consistantes en matière ligneuse.

➤ **Distribution des incendies en fonction des formations rencontrées**

Malgré l'aspect discontinu des formations végétales existantes et leur tendance à se mélanger, trois principales formations peuvent être distinguées en Kabylie maritime, on y rencontre, comme nous l'avons déjà évoqué dans le deuxième chapitre, des formations hautes et des formations basses. Il s'agit des forêts de Chêne-liège, d'Eucalyptus et de Pin, des maquis hauts et denses à Éricacées et maquis bas à Ciste, Oléo-lentisque..., mais aussi des formations basses comme les broussailles constituées d'arbustes et d'herbacées.

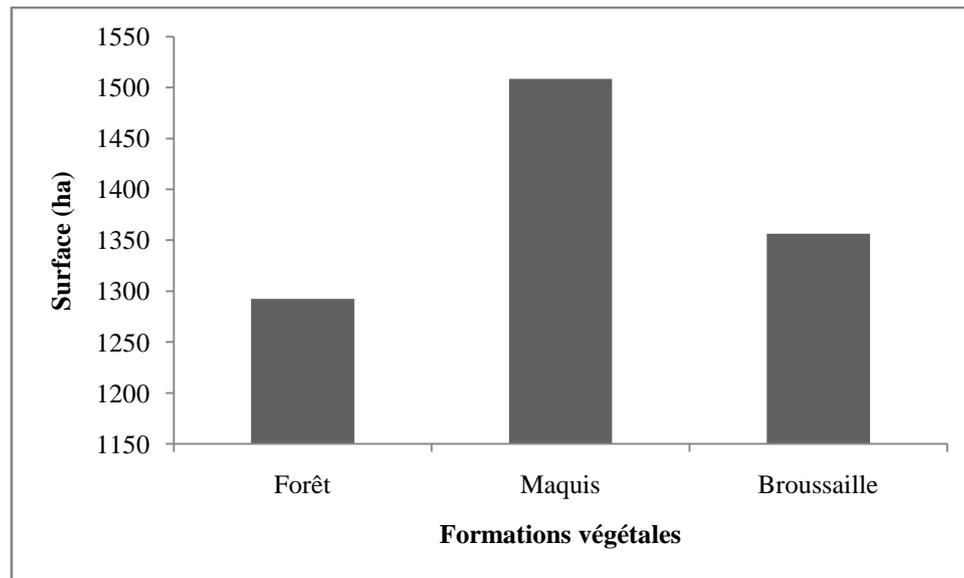
Les formations en question ne sont pas touchées de manière égale par les incendies.

Sur cet échantillon d'incendies localisés (figure 4.8), les forêts sont les plus touchées par les incendies devant les broussailles et les maquis.



**Figure 4.8 :** Répartition du nombre d'incendies selon le type de formation végétale

Les forêts de la Kabylie maritime sont les formations végétales les plus touchées par les incendies. Par ailleurs, la surface détruite par ces derniers est plus importante au niveau des maquis et des broussailles (figure 4.9), mais ce résultat ne concerne que l'échantillon des incendies localisés (205), qui représente environ ¼ de l'ensemble des feux recensés par les circonscriptions forestières concernées pour la période 1990-2009.



**Figure 4.9:** Répartition de la surface incendiée selon le type de formation végétale

### 4.3 Analyse de la variabilité spatiale d'occurrence du feu

« Le facteur de déclenchement des incendies de forêt, statistiquement le plus important c'est l'homme. Celui-ci par sa présence et son activité, dans les zones de contact avec la forêt, est responsable, volontairement ou non d'environ 96 % des départs de feux en région méditerranéenne (fichier Prométhée). La foudre est la seule cause de départ d'origine naturelle. Elle ne contribue qu'à la hauteur de 4 % à 7 % au nombre de départ de feux en région méditerranéenne » (BRUGNOT, 2001). L'analyse de la fréquence des incendies requiert une évaluation globale intégrant les indicateurs socio-économiques (le taux de chômage, la densité de la population, l'âge des populations rurales, etc.) et les activités humaines qui se traduisent à travers les infrastructures telles que les routes, les chemins de fer, les lignes électriques, les zones habitées ou les sites de loisirs, les zones d'interfaces habitat/forêt etc. (GANTEAUME et al., 2013).

Beaucoup d'études sur les incendies ont montré la grande part de responsabilité de l'homme dans ce phénomène qui est devenu un fléau au fil du temps. L'homme est donc responsable de la plus grande partie des feux (VELEZ, 2000 ; COLIN et al., 2001 ; PORRERO RODRIGUEZ, 2001 in CLEMENT, 2005).

Si les incendies de forêts sont en majorité liés à la présence humaine, leurs comportements dépendent strictement de l'environnement physique dans lequel ils évoluent et des conditions climatiques du moment. Selon la variété des facteurs du milieu, il existe des endroits où l'on enregistre plus d'incendies que d'autres sur une période donnée.

Pour la Kabylie maritime, il existe des localités de l'ordre de quelques hectares qui ont connu, ces vingt dernières années, au moins une dizaine d'incendies, alors que d'autres espaces plus vastes connaissent une fréquence très faible (exemple : 2 incendies pour Tala Mimoun, 1 incendie pour Chréa...). Cette variabilité spatiale est probablement liée à des spécificités micro-locales ou des conditions qui sont, à certains endroits favorables à la naissance du feu et le sont beaucoup moins à d'autres. L'occupation disproportionnée et hétérogène de l'espace par l'homme génère une multitude de facteurs qui peuvent être favorables ou défavorables à l'éclosion et à la propagation de ce dernier. De ce point de vue, il est possible de spatialiser la pression anthropique, traduite par les différents comportements sociaux, en la rattachant à des points de départ de feux préalablement connus. En termes de conséquences, ces pratiques sociales n'ont pas toutes les mêmes valeurs et ne conduisent pas nécessairement à l'éclosion d'un feu. Le lien entre la variabilité spatiale du feu et l'activité humaine, qui est aussi spatialement variable, doit être formalisé par une régression statistique pour mettre en évidence la contribution des variables à l'explication du nombre de feux et des surfaces détruites.

#### **4.3.1 Méthodologie et variables exploitées**

Nous avons indiqué précédemment que l'Algérie est un pays qui enregistre annuellement une moyenne de 1470 incendies (ARFA et *al.*, 2008), qui se concentrent dans sa partie nord. La couverture végétale (toutes formations confondues) perd chaque année environ 35 000 ha (MEDDOUR et *al.*, 2007) et le maquis gagne en moyenne 25 000 ha sur la forêt (MISSOUMI et *al.*, 2002). La Kabylie quant à elle, subit une fréquence inégalée d'incendies de forêts par rapport au reste du territoire algérien.

La partie maritime de cette région, qui représente aussi le terrain de cette étude, enregistre les nombres les plus élevés d'incendies de forêts de toute la Kabylie, survenant pendant les quatre à cinq mois de la saison sèche.

Ce terrain d'étude était, initialement, composé de cinq communes qui sont: Mizrana, Tigzirt, Iflissen, Azeffoun et Aït Chafaâ. Elles s'étalent le long de la mer Méditerranée et forment une façade maritime plus ou moins homogène, caractérisée par un relief collinaire accidenté et orienté vers la mer, mais compte tenu de l'absence des coordonnées géographiques qui permettent de localiser les incendies d'Azeffoun et d'Aït Chafaâ, l'analyse se limitera aux trois communes de Mizrana, de Tigzirt et d'Iflissen.

La plupart des incendies qui se déclarent dans cette zone ont une relation directe ou indirecte avec l'homme, mais on ignore dans la majeure partie des cas quelles en sont les véritables

causes. Néanmoins, il est important de souligner qu'il n'existe pas beaucoup d'études qui mettent en évidence l'effet de la composante humaine sur l'ampleur des incendies dans cette zone, hormis les rapports des services forestiers et les bilans officiels d'incendies.

Plusieurs variables spatiales liées à la présence et à l'activité humaine peuvent être intégrées dans l'étude de l'éclosion du feu. On peut citer : l'habitat, l'interface habitat/forêt, le réseau routier, le réseau électrique, l'activité agricole, l'activité forestière, les activités touristiques et loisirs, le pâturage, etc.

Pour le terrain d'étude, les données disponibles ne concernent que les incendies (date et heure de départ et d'extinction, la surface détruite, le lieu de départ, le type de végétation brûlée, la pente, l'altitude...) ce qui a nécessité la création d'autres données qui représentent les variables explicatives à savoir, l'organisation spatiale de l'habitat, les interfaces habitat/forêt, l'élevage hors-sol, la distance à la route, la distance au tissu urbain, la présence et l'absence de bâti.

Un carroyage (grille) avec des cellules dont la taille représente sur le terrain une surface de 1 km<sup>2</sup> est réalisé afin de démultiplier les observations et de donner un sens statistique à l'analyse des données.

#### ➤ **L'organisation spatiale de l'habitat**

L'organisation du bâti dans l'espace forestier constitue un enjeu majeur pour le risque subi, mais également un facteur primordial du risque induit. Le feu a tendance à éclore non loin des habitations, mais de quel type d'organisation de ces dernières s'agit-il?

Les zones fortement urbaines comme les villes côtières de Tizirt et d'Azeffoun connaissent quasiment un risque nul de départs d'incendies, hormis les feux utilisés pour débarrasser certains accotements de chaussées de leurs herbes devenues gênantes. Tandis que les villages et les îlots d'habitat éparpillés (figure 4.10) sur les collines, et qui sont en contact direct avec la végétation, connaissent souvent des incendies à leurs alentours.

L'exploitation de cette donnée s'avère indispensable pour confirmer si rapport il y a entre l'organisation spatiale du bâti et les incendies.



**Figure 4.10** : Exemple de la répartition spatiale de l'habitat en Kabylie maritime (1/8500)

➤ **L'interface habitat-forêt**

Les interfaces habitat/forêt constituent les lisières de contact entre les habitations et la végétation, ce sont des endroits où des incendies peuvent se développer plus facilement, comme sur les bords des routes. Nous allons utiliser le nombre d'interfaces présentes dans chaque pixel pour tenter d'expliquer la variabilité spatiale du nombre d'incendies.

### ➤ **L'élevage hors sol**

Les animaux bovins, ovins, caprins et avicoles sont abrités dans des bâtiments ou structures conçus à cet effet. Quel que soit le mode de l'élevage (hors-sol ou en sol), des structures de ce type sont mises en places pour servir de lieu de fixation des animaux.

Le recensement du nombre d'unités d'élevages existant dans les territoires communaux obéit aux mêmes critères que ceux définis dans celui des interfaces habitat-forêt. Il est assez peu variable dans le temps. Ce sont des structures qui se situent en général à l'écart des habitations mais souvent non loin et au contact de la végétation car la présence d'une végétation abondante et à proximité, permet de nourrir les bêtes sans avoir à les déplacer sur de grandes distances. Pour la seule filière bovine, 437 éleveurs ayant 1530 vaches laitières ont été recensés pour les trois communes ouest (Mizrana, Tizirt et Iflissen).

Les quatre filières d'élevage ont connu entre 2000-2003 et 2004-2008 une croissance positive. L'indice de production fait ressortir une croissance de 14 % pour la filière animale pour l'ensemble de la wilaya de Tizi Ouzou (MOUHOUS et *al.*, 2012). Ceci montre la part importante de pression qui peut émaner de l'élevage.

### ➤ **La distance à la route et au tissu urbain**

Les incendies sont répertoriés par les services des forêts en indiquant certaines informations sur leur déroulement. Mais la distance à la route et au tissu urbain ne fait pas partie des éléments d'information obligatoires. Nous avons, donc, procédé à la mesure approximative des distances à la route et au tissu urbain à l'aide du logiciel Mapinfo, en utilisant un réseau de coordonnées géographiques, une carte urbaine, réalisée à partir d'une image satellite qui date de 2011 et une carte d'état-major (1/50 000), sur laquelle les incendies sont localisés.

### ➤ **Les incendies**

Durant la période 1990-2009, plusieurs incendies ont été enregistrés et répertoriés de façon cyclique et systématique par les services des forêts au niveau local. Les données sont fournies par la circonscription de Tizirt pour la commune de Mizrana, la commune de Tizirt et la commune d'Iflissen. Les données fournies par la circonscription d'Azeffoun concernent la commune d'Azeffoun et la commune d'Aït Chafaâ. Mais les données qui concernent ces deux dernières communes, n'incluent pas les coordonnées géographiques qui permettent de repérer les lieux d'incendies sur le terrain, notamment les plus anciens d'entre eux. C'est pourquoi nous avons limité cette étude à trois communes uniquement à savoir Mizrana,

Tigzirt et Iflissen. Pour rappel, sur les 469 incendies recensés dans les trois communes, il y a seulement 205 qui sont localisés avec une précision relative, grâce notamment aux coordonnées géographiques existantes, aux stigmates relevées à partir des images satellites et à la bonne connaissance du terrain.

Les données concernant l'altitude, la pente et le type de formation végétale brûlée sont indiquées également pour chaque incendie.

#### **4.3.2 Recueil des données**

L'absence de coordonnées géographiques pour les incendies de la commune d'Azeffoun et de la commune d'Aït Chafaâ nous a amenés à restreindre notre étude uniquement aux trois communes qui relèvent de la circonscription de Tigzirt, au lieu des cinq initialement prises en compte dans le chapitre 3 pour la caractérisation des incendies qui ne nécessite pas la connaissance des coordonnées géographiques des feux considérés.

Les données sur les incendies de forêts sont collectées à la source, c'est-à-dire, directement auprès des circonscriptions forestières locales chargées des opérations de gestion et de protection des forêts. Ces circonscriptions se chargent également de recenser tous les incendies qui se déclarent dans leurs territoires et de les documenter en termes de dates et d'heures de départ et d'extinction, de la surface détruite de chaque formation, de l'essence brûlée, de l'exposition, des conditions du jour (vent fort, temps chaud, etc.), de la pente, de l'altitude et de la position géographique. Cependant, les registres et fichiers où sont transcrits les incendies diffèrent d'une circonscription forestière à une autre, ce qui engendre une hétérogénéité au niveau des données collectées sur les incendies. En effet, les informations sur certains incendies sont plus complètes que d'autres, elles le sont aussi sur certaines années que d'autres.

Les colonnes des registres qui ont été remplies pour tous les incendies de la Kabylie maritime concernent la date et l'heure de départ et d'extinction, le lieu-dit, la surface détruite et les formations ou les essences brûlées. La pente, l'exposition, l'altitude, les moyens engagés et les coordonnées géographiques ne sont pas systématiquement indiqués.

Une cartographie de l'habitat et de la localisation des incendies est réalisée en premier lieu afin de relever dans chaque pixel la présence ou l'absence de l'habitat, le type d'habitat, le nombre d'incendies, le nombre d'interfaces habitat/forêt et le nombre d'élevages.

Cette cartographie a été réalisée à partir des images de Google-Earth. A l'aide de son outil « trajet » ; on peut réaliser une « fausse » vectorisation, mais qui permet de localiser avec plus

ou moins de précision les objets spatiaux qui nous intéressent et de charger ensuite l'image sous format TIF (image raster) dans Map-info et réaliser le carroyage souhaité.

Il est également possible d'obtenir des données sur l'habitat à partir des images satellitaires Landsat 7 après traitement par le logiciel ENVI, qui permet de combiner plusieurs bandes spectrales pour former une image en fausse couleur. Les nuances de couleurs permettent de distinguer les espaces urbains et de les vectoriser à l'aide du logiciel Map-info.

Cette méthode permet d'identifier les objets spatiaux souhaités et de les marquer. Avec ce marquage, leur repérage et leur quantification seront plus faciles dans la partie traitement statistique.

Concernant la présente étude, nous avons opté pour les images de Google-Earth qui sont plus récentes par rapport à celles du satellite Landsat 7 et qui apportent la précision souhaitée, et surtout qui permettent d'avoir moins de traitements d'images à effectuer et de gagner en temps d'exécution.

La distance au réseau routier et au tissu urbain a été mesurée approximativement pour chaque feu sur une carte d'État major et également à l'aide de l'outil de mesure de distance de Google-Earth.

Les informations relevées sur le terrain forment une base de données constituée d'objets géographiques. Les maisons se distinguent par leurs formes et leurs couleurs (forme carrée ou rectangulaire, toiture rouge ou grise). Tandis que les exploitations agricoles apparaissent sur l'image avec une forme, généralement, allongée et dotées d'une toiture grise (voir figure 4.11).

La localisation de ces objets spatiaux, dont le nombre est considérés comme très peu variables dans le temps, permet d'évaluer leur éventuel rapport avec le déclenchement des incendies qui sont, en revanche, variables dans le temps et dans l'espace et d'expliquer cette variabilité spatiale du feu.

La plupart des coordonnées géographiques des incendies sont fournies en format X, Y Ellipsoïde de CLARKE 1880, système géodésique Nord Sahara 1961, ce qui nécessite leur conversion en système NTF (Nouvelle Triangulation de France) sexagésimal ou Lambert (RGF93). Le repérage a été également validé par l'utilisation d'une carte 1/50 000 datant de 1961.



**Figure 4.11** : Identification des objets spatiaux, Kabylie maritime

La précision dépend de la résolution. Cette dernière permet de distinguer et d'identifier la majorité des objets géographiques concernés par cette étude (maisons, élevage et interface habitat/forêt).

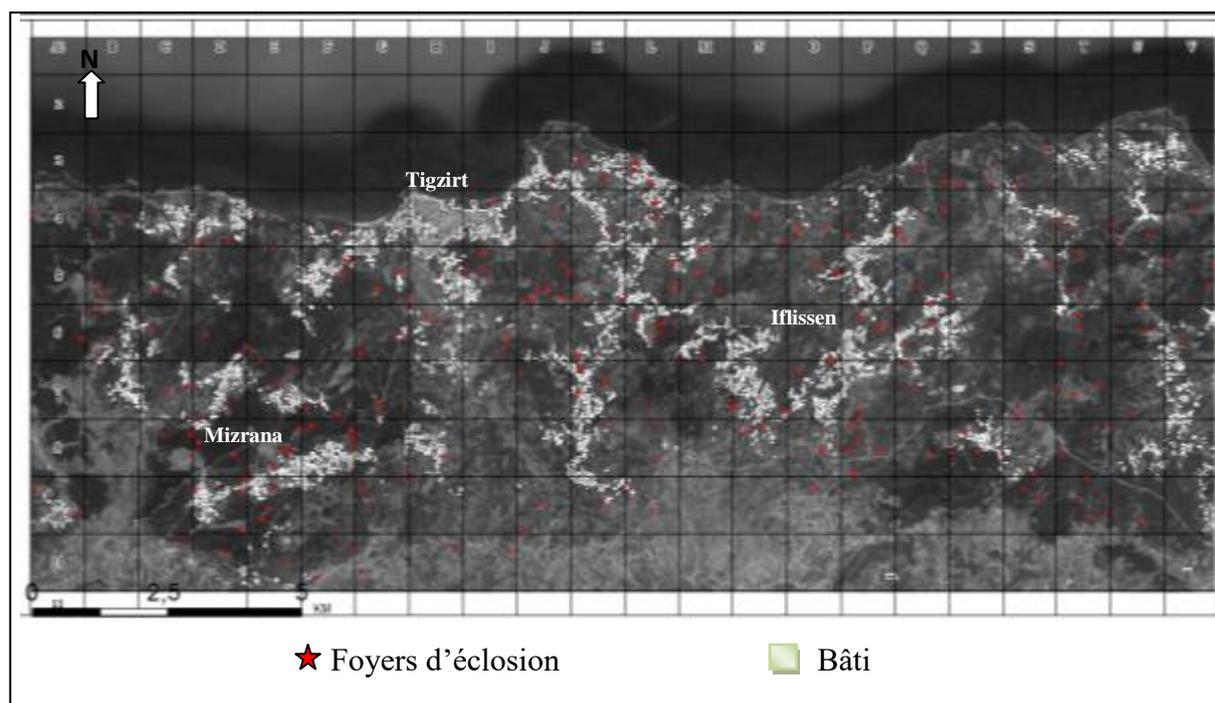
On distingue parfaitement les zones d'habitation, les routes, les cours d'eau, les formations végétales, les exploitations et les terres agricoles, les stigmates d'incendies, voire même les fumées qui s'échappent de l'incinération des déchets ou des départs de feux. L'occupation du sol est bien mise en évidence par cet outil.

L'ensemble de ces éléments constituent la source de notre base de données en plus des incendies de forêts et de leurs endroits de départ.

#### 4.3.3 Répartition spatiale des incendies dans la partie ouest de la Kabylie maritime

La figure 4.12 montre la répartition de l'habitat et des incendies dans les trois communes de la partie ouest de la Kabylie maritime.

Les incendies localisés sont répartis sur toute la façade maritime ouest qui s'étale sur 17 000 ha environ.



**Figure 4.12** : Foyers d'éclosion des incendies dans la partie ouest de la Kabylie maritime (1990-2012)

L'espace apparaît fragmenté par l'urbanisation avec des limites bien distinctes, les habitations sont bien incrustées dans le paysage forestier, les vastes zones de parcours constituent également de larges discontinuités dans le couvert forestier, elles sont plus larges vers les hauteurs de Tigzirt et d'Iflissen et plus étroites vers le littoral et les hauteurs de Mizrana.

Les éclosions se rencontrent quasiment sur toute la façade maritime ouest.

Sur le maillage réalisé de 1km ×1 km, il y a 161 cellules qui représentent la partie concernée par l'étude (les cellules en mer ne sont pas concernées).

Il y a 57 cellules sur un total de 161, où les incendies ne sont pas présents, et ce, bien évidemment, avec beaucoup de réserves, car il y a plusieurs incendies qu'on n'a pas réussi à localiser. La surface totale où l'on a recensé au moins un incendie représente donc 104 carrés (10 400 ha) ou 65 % de la surface de la façade ouest, si nous tenons compte uniquement des 205 incendies localisés.

A première vue, les incendies se déclarent à proximité des habitations, isolées ou groupées, à proximité des routes et dans des zones non habitées (zones de parcours et en plein massif).

Les cellules (pixels) sont réparties comme suit:

-nombre de cellules où les incendies sont à proximité des habitations isolées ou groupées (distance < 1km) est de 83 cellules, soit 79,80 % de l'espace concerné (104 cellules).

-nombre de cellules où les incendies sont dans des zones non habitées (distance < 1 km) est de 21 cellules soit 20,19 % de l'espace concerné.

Les zones non habitées connaissent aussi une part non négligeable d'incendies ce qui suscite notre curiosité quant à l'origine de ces incendies. Il existe deux sous-zones non habitées; les massifs forestiers et les parcours. Pour ces derniers, et d'après des informations obtenues auprès des agents forestiers, plusieurs incendies seraient mis volontairement par les bergers ou les éleveurs afin de renouveler les parcours.

Il est, par contre, difficile d'attribuer une origine quelconque aux incendies qui se déclarent en plein massif forestier et loin de toute présence humaine. Cependant, plusieurs incendies semblent être déclenchés volontairement ou involontairement pour des raisons sécuritaires.

#### **4.3.4 Relations entre incendies et variables spatiales et environnementales**

##### **a) Relation habitation-incendies de forêt**

Nous constatons que le nombre d'incendies enregistrés au voisinage des habitations est de 168. Si 81,95 % (168/205) des incendies se déclarent non loin des habitations, ceci laisse supposer qu'il existe un lien entre le milieu de l'homme et celui des incendies.

Nous avons relevé dans chaque cellule (carré de 1km×1km) le nombre d'incendies et en même temps la présence ou l'absence de l'habitat dans la limite du carré. Comme nous l'avons indiqué plus haut, il y a 104 cellules où l'on a relevé au moins un incendie, 83 cellules sont caractérisées par la présence, à la fois, des habitations et des incendies. Ceci dit que l'analyse de la relation entre l'habitat et les incendies porte sur un effectif N=161, c'est-à-dire la totalité des cellules qui représentent le terrain d'étude.

Il est important de réaliser un test de normalité (tableau 4.2), car c'est ce dernier qui déterminera le test approprié pour la comparaison des deux moyennes :  $X_1$  qui représente la moyenne du nombre d'incendies en l'absence du bâti et  $X_2$  qui est la moyenne du nombre d'incendies en présence du bâti. En fonction du résultat du test de normalité, un test de comparaison sera, ensuite, réalisé pour mettre en évidence une éventuelle influence du bâti sur la variabilité spatiale des incendies.

**Tableau 4.2:** Résultat du test de normalité de Shapiro-Wilk

<b>W</b>	<b>0,859</b>
<b>p-value</b>	<0,0001
<b><math>\alpha</math></b>	0,05

Étant donné que la p-value calculée est inférieure au niveau de signification  $\alpha = 0,05$ , le risque de rejeter l'hypothèse nulle  $H_0$  alors qu'elle est vraie est inférieur à 0,001.

La variable nombre d'incendies ne suit pas une loi normale. Le test approprié dans ce cas, est le test non paramétrique de Mann-Whitney (tableau 4.3).

➤ **Test de comparaison des moyennes de Mann-Whitney**

Le test de Mann-Whitney permet de comparer les moyennes de deux échantillons indépendants.

**Tableau 4.3:** Résultat du test de Mann-Whitney pour la comparaison de moyennes

<b>X1</b>	<b>X2</b>	<b>W</b>	<b>p-value</b>	<b><math>\alpha</math></b>
<b>0,9</b>	1,49	1496,5	0,000792	0,05

**X1**= moyenne du nombre d'incendies en l'absence du bâti.

**X2**= moyenne du nombre d'incendies en présence du bâti.

**W**= la valeur statistique calculée du test de Mann-Whitney, à comparer avec la valeur théorique de la table de Mann-Whitney.

**P-value** = valeur calculée du test de Mann-Whitney, à comparer avec le niveau de signification  $\alpha$ . Ici  $\alpha = 0,05$ .

La p-value est inférieure au niveau de signification  $\alpha = 0,05$ , ceci montre que le test de comparaison de moyennes de Mann-Whitney met en évidence une différence significative entre les moyennes.

➤ **Interprétation**

L'étude basée sur le facteur présence-absence a révélé l'existence d'un effet très hautement significatif de l'habitat sur la répartition spatiale des incendies.

En effet, les incendies de forêt se déclarent, en général, dans les endroits où sont présentes des habitations, autrement dit en rapport avec la présence humaine, dans la partie ouest de la Kabylie maritime.

**b) Relation organisation spatiale de l'habitat-incendies de forêt**

La pré-analyse des données a montré que 65 % des incendies se déclaraient dans des zones avec habitat plus ou moins dispersé voire absent et 35 % d'incendies dans des zones avec habitat groupé.

En fonction de son organisation spatiale, l'habitat peut être groupé, dispersé ou isolé. La particularité de l'organisation spatiale de l'habitat en Kabylie maritime, c'est l'existence des îlots d'habitations groupées qui sont éparpillés presque à la manière des habitations isolées, sauf que le nombre de maisons présent dans un îlot fait la différence. Par conséquent, nous avons décidé de prendre en compte les deux principaux types d'habitat groupé (continu et îlots) et dispersé (isolé et diffus) comme variables spatiales.

Un test de comparaison des moyennes du nombre d'incendies en présence d'habitat groupé ( $X_1$ ) et du nombre d'incendies en présence d'habitat dispersé ( $X_2$ ) est réalisé. Au préalable, la normalité des données est vérifiée (tableau 4.4).

**Tableau 4.4 : Résultats du test de normalité de Shapiro-Wilk**

<b>W</b>	<b>0,84</b>
<b>p-value</b>	<0,0001
<b><math>\alpha</math></b>	0,05

Étant donné que la p-value est inférieure au niveau de signification  $\alpha = 0,05$ , le risque de rejeter de l'hypothèse nulle  $H_0$  alors qu'elle est vraie est inférieur à 0,001. Suivant ce résultat,

la variable nombre d'incendies ne suit pas une loi normale, ce qui nécessite la réalisation d'un test non paramétrique pour comparer les moyennes de deux groupes indépendants (test de comparaison de moyennes de Mann-Whitney, tableau 4.5).

**Tableau 4.5:** Résultat du test de comparaison de moyennes de Mann-Whitney

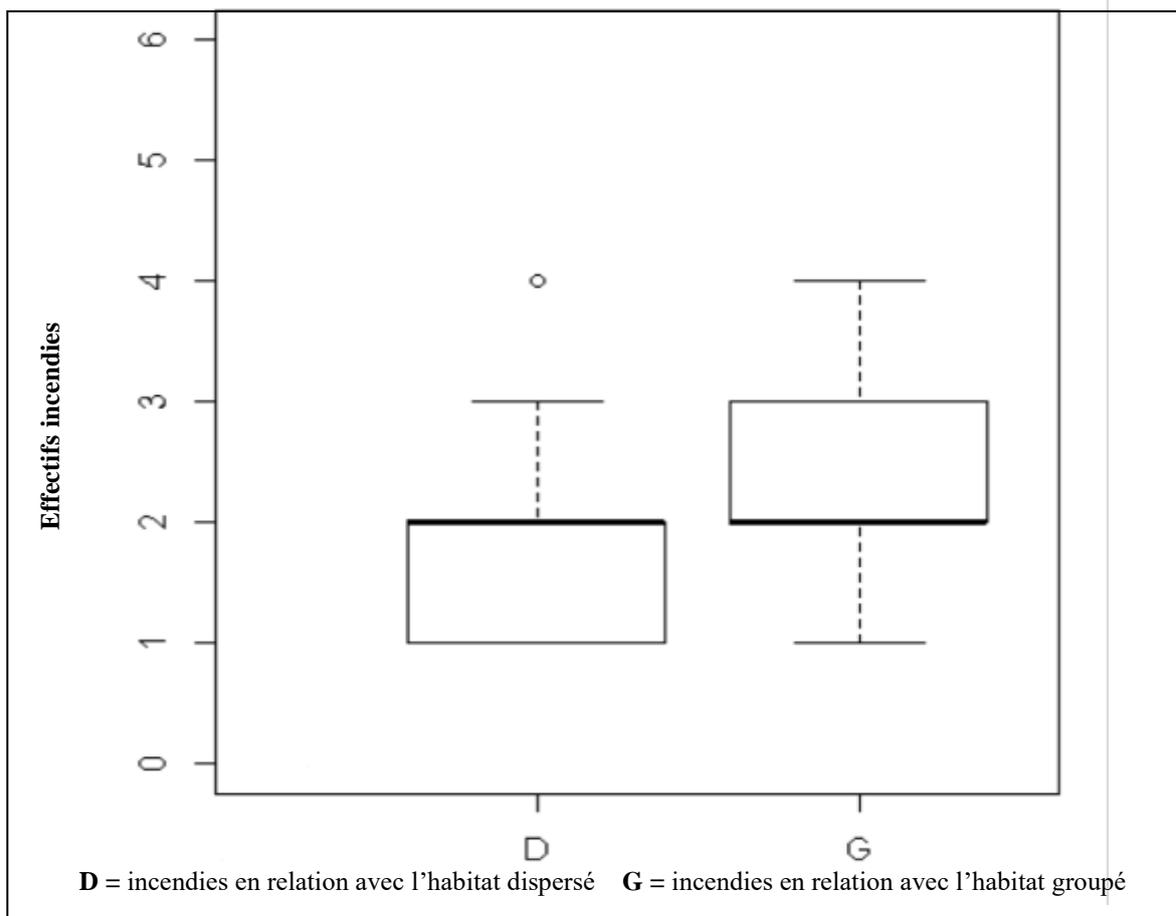
<b>X1</b>	<b>X2</b>	<b>W</b>	<b>p-value</b>	<b><math>\alpha</math></b>
<b>2,36</b>	1,8305	507,5	0,01698	0,05

**X1**= moyenne d'incendies en relation avec l'habitat dispersé.

**X2**= moyenne d'incendies en relations avec l'habitat groupé.

**W**= la valeur statistique calculée du test de Mann-Whitney, à comparer avec la valeur théorique de la table de Mann-Whitney.

La comparaison des deux moyennes analysées ci-dessus avec le nombre d'incendies en relation avec l'habitat dispersé et l'habitat groupé est illustrée par la figure 4.13.



**Figure 4.13 :** Comparaison des moyennes d'incendies en relation avec l'habitat groupé et en relation avec l'habitat dispersé.

**P-value** = valeur calculée du test de Mann-Whitney, à comparer avec le niveau de signification  $\alpha$ . Ici  $\alpha = 0,05$ .

La p-value est inférieure au niveau de signification  $\alpha = 0,05$ . Le test de comparaison de moyennes de Mann-Whitney révèle, donc, une différence significative entre les moyennes X1 et X2.

➤ **Interprétation**

Le test de comparaison de moyennes a révélé la présence d'un effet hautement significatif de l'organisation spatiale de l'habitat sur la répartition des incendies. Les incendies de forêts se déclarent en plus grande proportion au voisinage des habitations groupées, autrement dit en rapport avec une densité relativement forte du bâti, dans la partie ouest de la Kabylie maritime. Mais l'habitat groupé ici, ne constitue pas de grandes agglomérations urbaines où le tissu urbain est continu comme dans les villes qui ne connaissent pas nécessairement beaucoup de départs de feux. L'habitat groupé de la Kabylie maritime par opposition à l'habitat dispersé, constitue des îlots urbains éparpillés presque de la même manière que l'habitat dispersé (habitations isolées).

**c) Relation incendies-interfaces habitat/forêt et élevage hors-sol**

Les interfaces habitat-forêt sont assez peu variables dans le temps, donc relativement stables pour permettre de réaliser des relevés à un instant donné. Le repérage et le recensement exhaustif des interfaces habitat-forêt a fait ressortir des nombres précis pour l'ensemble des communes littorales.

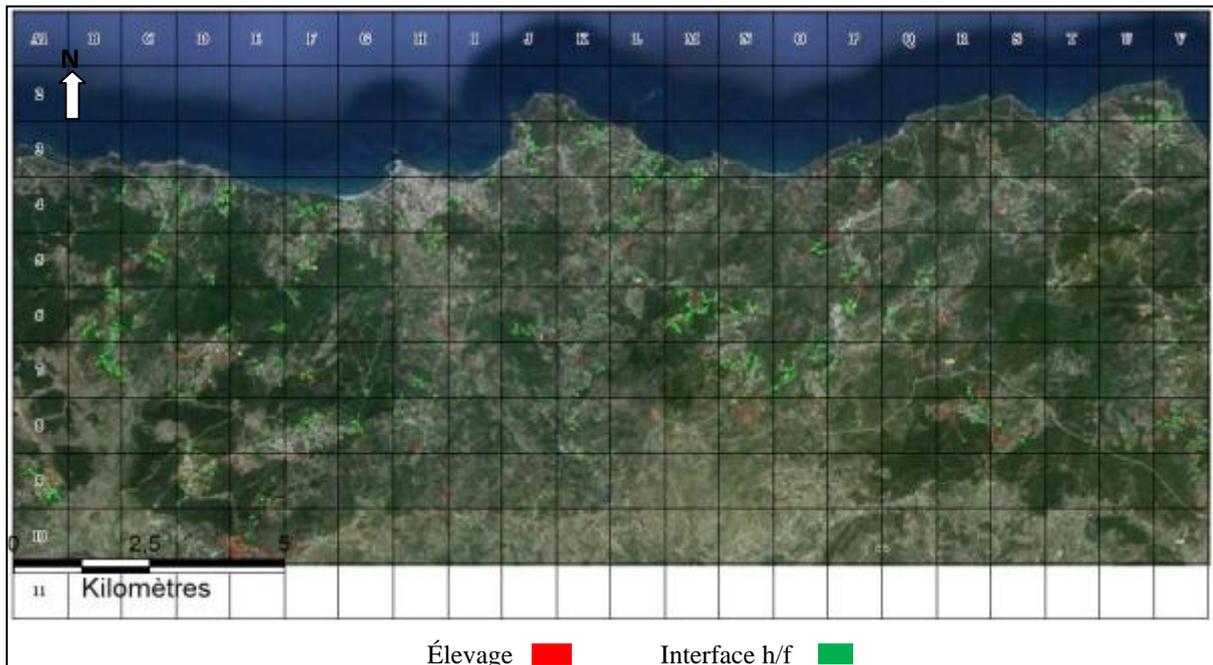
Suivant la définition de l'interface habitat-forêt (LAMPIN *et al.*, 2011), sont prises en compte les maisons à vocation d'habitat situées à moins de 200 m des forêts, broussailles ou maquis.

En plus du critère de distance de LAMPIN, nous avons volontairement rajouté un autre critère dans la considération de l'interface comme objet de développement et de diffusion de l'incendie, à savoir l'absence de limites naturelles ou artificielles entre la végétation et les bâtiments (débroussaillage, route, rivière...) et la présence d'une continuité dans le couvert végétal qui permet une propagation du feu en cas de départ.

Le nombre total d'interfaces recensées s'élève à 831 réparties sur les 161 carrés représentant le terrain d'étude (figure 4.14).

En outre, l'activité d'élevage occupe une place primordiale dans le domaine agricole de la Kabylie maritime. L'élevage bovin est considéré comme l'un des plus importants en zone de

montagne (MOUHOUS et *al.*, 2012), d'où l'intérêt de la spatialisation de l'activité d'élevage en tant que facteur générateur d'incendies de végétation.



**Figure 4.14 :** Répartition des variables explicatives élevages et interfaces h/f.

Des relevés sont effectués à l'intérieur de chaque pixel tout comme pour les interfaces habitat/forêt.

**Tableau 4.6:** Matrice de corrélation entre les variables

Variables	Nbr. élevages	Nbr. interfaces H/F	Nbr. Incendies
<b>Nbr. élevages</b>	<b>1,000</b>	0,280	0,002
<b>Nbr. interfaces h/f</b>	0,280	<b>1,000</b>	0,014
<b>Nbr. incendies</b>	<b>0,002</b>	<b>0,014</b>	<b>1,000</b>

$$R^2 = 0,001$$

La valeur du coefficient de détermination  $R^2$  montre qu'il n'y a pas de corrélation entre la variable dépendante (nbr. incendies) et les variables explicatives (nbr. élevages et nbr. interfaces h/f).

### ➤ **Interprétation**

Les élevages hors-sol et les interfaces habitat/forêt n'expliquent pas la variabilité spatiale du nombre d'incendies en Kabylie maritime, sachant que cette dernière (variabilité) est, dans son ensemble, expliquée par la présence et l'agrégation de l'habitat.

Afin de mieux expliquer la variabilité spatiale des incendies, nous allons introduire, dans l'analyse, de nouvelles variables qui sont la distance au réseau routier et la distance au tissu urbain.

#### **d) Régression multiple avec comme variable dépendante la surface brûlée**

Nous allons calculer une régression multiple où les incendies sont décrits, chacun, par la surface brûlée, la distance à la route, la distance au tissu urbain, la pente et l'altitude.

La matrice de données se présente sous forme d'un tableau de 6 colonnes (voir annexes ) où il y a une série de 205 incendies (observations) dont la surface incendiée, la distance à la route, la distance au tissu urbain, la pente et l'altitude sont mesurées. Étant un descripteur important des feux, la surface brûlée peut constituer une variable dépendante qu'on doit chercher à expliquer par le reste des variables.

Il n'est, en revanche, pas possible d'introduire les variables exploitées plus haut dans cette régression, car elles sont relevées en fonction de chaque pixel et non pas en fonction de chaque incendie.

Dans ce cas précis nous n'avons pas besoin de passer par les centres de classes pour effectuer notre calcul. Le calcul s'effectue directement avec les données relevées pour chaque feu.

**Tableau 4.7:** Matrice de corrélation entre les variables

<b>Variabes</b>	<b>Altitude</b>	<b>Pente</b>	<b>Distance à la route</b>	<b>Distance au tissu urbain</b>	<b>Surface brûlée</b>
<b>Altitude</b>	<b>1,000</b>	0,308	-0,118	0,004	<b>0,004</b>
<b>Pente (%)</b>	0,308	<b>1,000</b>	-0,131	-0,147	<b>-0,062</b>
<b>Distance à la route</b>	-0,118	-0,131	<b>1,000</b>	0,042	<b>0,007</b>
<b>Distance au tissu urbain</b>	0,004	-0,147	0,042	<b>1,000</b>	<b>-0,006</b>
<b>Surface brûlée</b>	<b>0,004</b>	<b>-0,062</b>	<b>0,007</b>	<b>-0,006</b>	<b>1,000</b>

$R^2 = 0,005$

La valeur du coefficient de détermination  $R^2$  indique une absence de corrélation entre la variable dépendante (surface brûlée) et les variables explicatives.

➤ **Interprétation**

La valeur de  $R^2$  est très faible pour envisager une quelconque explication. Les variables indépendantes à savoir l'altitude, la pente, la distance à la route et la distance au tissu urbain, ne permettent pas, dans le cas de la Kabylie maritime, d'expliquer la variabilité des surfaces incendiées.

e) **Régression multiple avec comme variable dépendante le rapport surface brûlée/durée**

Nous allons réaliser une nouvelle régression où la variable dépendante est non pas la surface brûlée, mais le rapport de cette dernière à la durée. Ce rapport surface/durée représente en quelque sorte « la vitesse » absolue de brûlage, à ne pas confondre avec la vitesse de propagation des flammes.

**Tableau 4.8:** Matrice de corrélation entre les variables

	<b>Rapport Surface/Durée</b>	<b>Altitude</b>	<b>Pente</b>	<b>Distance à la route</b>	<b>Distance au tissu urbain</b>
<b>Rapport Surface/Durée</b>	<b>1,00</b>	<b>-0,05</b>	<b>-0,06</b>	<b>0,00</b>	<b>0,02</b>
<b>Altitude</b>	-0,05	<b>1,00</b>	0,31	-0,12	0,00
<b>Pente</b>	-0,06	0,31	<b>1,00</b>	-0,13	-0,15
<b>Distance à la route</b>	0,00	-0,12	-0,13	<b>1,00</b>	0,04
<b>Distance au TU</b>	0,02	0,00	-0,15	0,04	<b>1,00</b>

$$R^2 = 0,046$$

➤ **Interprétation**

La valeur de  $R^2$  est très faible pour permettre d'évoquer une explication des incendies à travers le calcul de cette régression multiple où la variable dépendante est le rapport surface brûlée/durée. Il reste, néanmoins, légèrement meilleur que le précédent où la variable dépendante était simplement la surface brûlée.

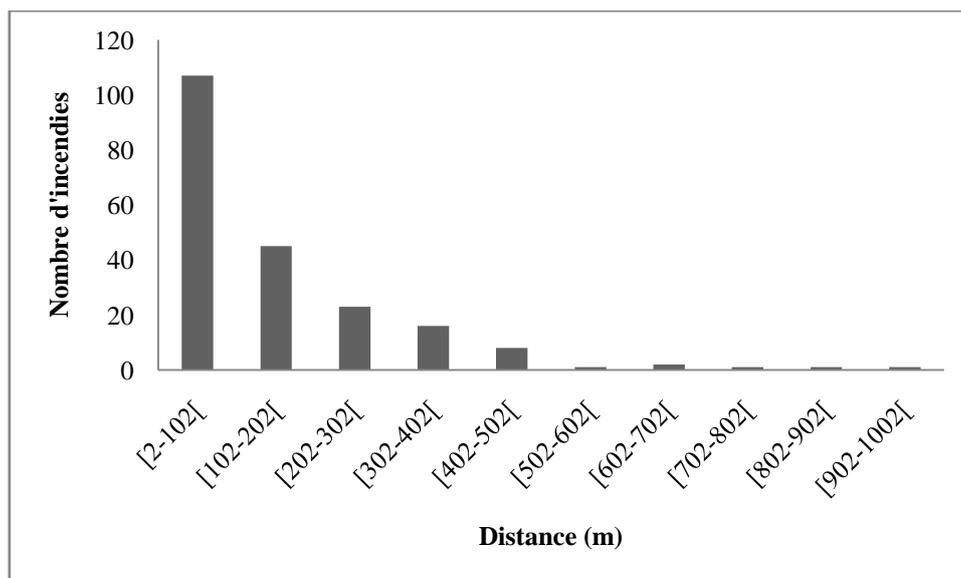
Les données telles qu'elles se présentent, c'est-à-dire 205 incendies décrits par 5 variables dont une dépendante (surface), n'ont pas permis de trouver des explications possibles pour les incendies. C'est pourquoi nous allons exploiter ces mêmes données sous une autre forme, à savoir la formation de classes. Les données du terrain seront, donc, regroupées dans chaque classe selon leur grandeur et ainsi chaque classe sera représentée par son centre et par un effectif d'incendies ou une surface cumulée, car il n'est pas possible de réaliser un calcul de régression multiple où les données se présentent sous forme de classes.

Les variables distance à la route, distance au tissu urbain, pente et altitude seront utilisées une par une dans des régressions simples pour expliquer le nombre d'incendies et la surface incendiée avec une autre méthode.

#### f) Relation incendies-distance à la route

Selon sa taille et sa densité, le réseau routier constitue un facteur potentiel de départ de feu au même titre que le tissu urbain. C'est un ensemble de lignes qui traversent de vastes étendues végétales et qui, par conséquent, facilitent le contact des populations avec le couvert végétal. En exploitant les distances entre les lieux de départs des feux et les bords des routes, nous allons rechercher une corrélation entre le nombre d'incendies et la distance à la route. Ceci permet de déterminer le degré de liaison entre les routes et les départs des feux.

Pour calculer les corrélations nous avons réparti les distances à la route sur dix (10) classes, sélectionnées selon la règle de Sturge. La variation du nombre d'incendies en fonction de la distance à la route représentée par les centres de classes est illustrée par la figure (4.15).



**Figure 4.15** : Répartition des incendies en fonction des classes de distances à la route

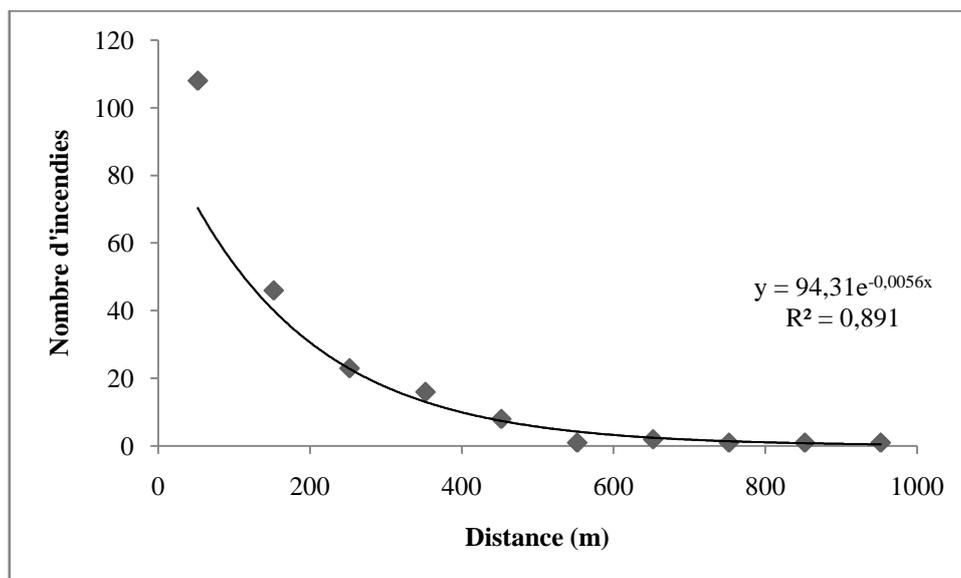
Le nombre d'incendies qui se déclarent est plus important à moins de 100 mètres des routes, cette proportion représente 52,6 % des feux. À partir de cette distance, les effectifs d'incendies commencent à diminuer et se raréfier aux alentours de 500 mètres des routes.

La valeur du coefficient de corrélation est de -0,78 entre les effectifs d'incendies et la distance à la route. Ceci indique qu'il existe une liaison linéaire significative inverse entre les deux variables.

Afin de voir si un modèle non linéaire décrirait mieux la relation entre les deux variables, nous avons calculé une régression non linéaire.

Le coefficient de corrélation pour les deux variables incendies de forêts et distance à la route est de  $-0,948$ , ce qui montre une très forte relation entre ces deux variables. C'est une relation inversement proportionnelle, c'est-à-dire que le nombre d'incendies augmente avec la diminution de la distance à la route.

La figure 4.16 illustre la relation non linéaire qui existe entre le nombre d'incendies et la distance à la route, elle est traduite par une exponentielle décroissante  $Y = 94,31e^{-0,0056x}$ .



**Figure 4.16 :** Variation du nombre d'incendies en fonction de la distance à la route

### ➤ **Interprétation**

Le réseau routier a un effet très important sur la répartition spatiale des départs de feux eu égard de la corrélation calculée et du coefficient de détermination très proche de 1. Le modèle non linéaire semble bien décrire la relation sous forme d'une exponentielle décroissante.

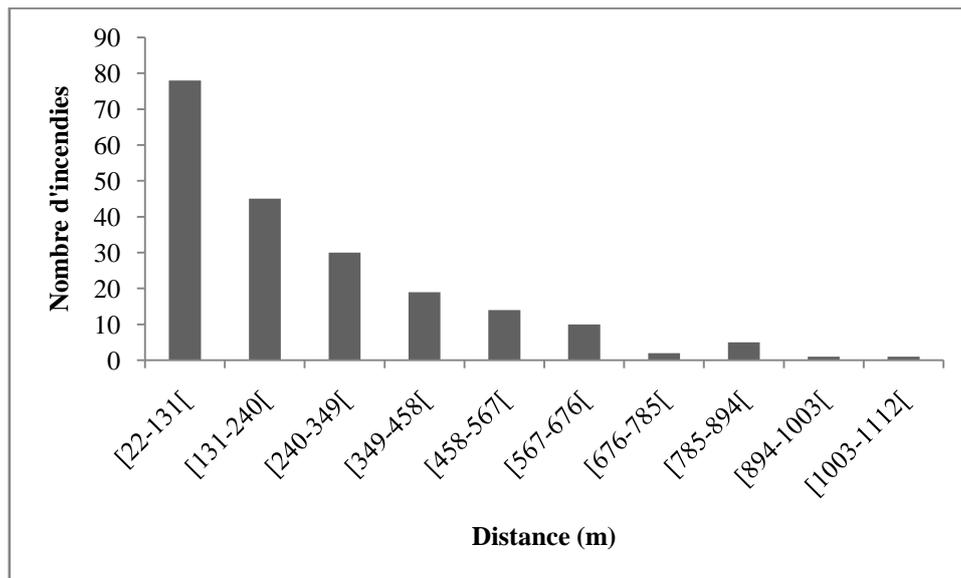
### **g) Relation incendies-distance au tissu urbain**

Le tissu urbain peut constituer un facteur potentiel du départ de feu au même titre que le réseau routier. Il représente les points de présence et de concentration de l'action anthropique. Le paysage forestier de la Kabylie maritime est marqué par la présence d'habitations. Les maisons sont en contact avec le couvert végétal, ce qui laisse penser qu'un lien puisse exister entre les habitations et les départs des feux.

Nous allons donc calculer une corrélation entre les distances au tissu urbain et le nombre d'incendies afin de déterminer le degré de la liaison présumée entre ces deux variables.

La distance moyenne entre le tissu urbain et les feux est d'environ 248 m, tandis que pour le réseau routier, celle-ci est d'environ 147 m.

Tout comme pour le réseau routier, nous avons, selon la règle de Yule, répartis les valeurs des distances à la route en 10 classes de 108 m d'amplitude (figure 4.17).



**Figure 4.17** : Répartition du nombre d'incendies en fonction des classes de distances au tissu urbain

La figure 4.17 montre la répartition des incendies en fonction des classes de distances au tissu urbain. Il ressort que 38 % des feux se déclarent à moins de 130 mètres des habitations.

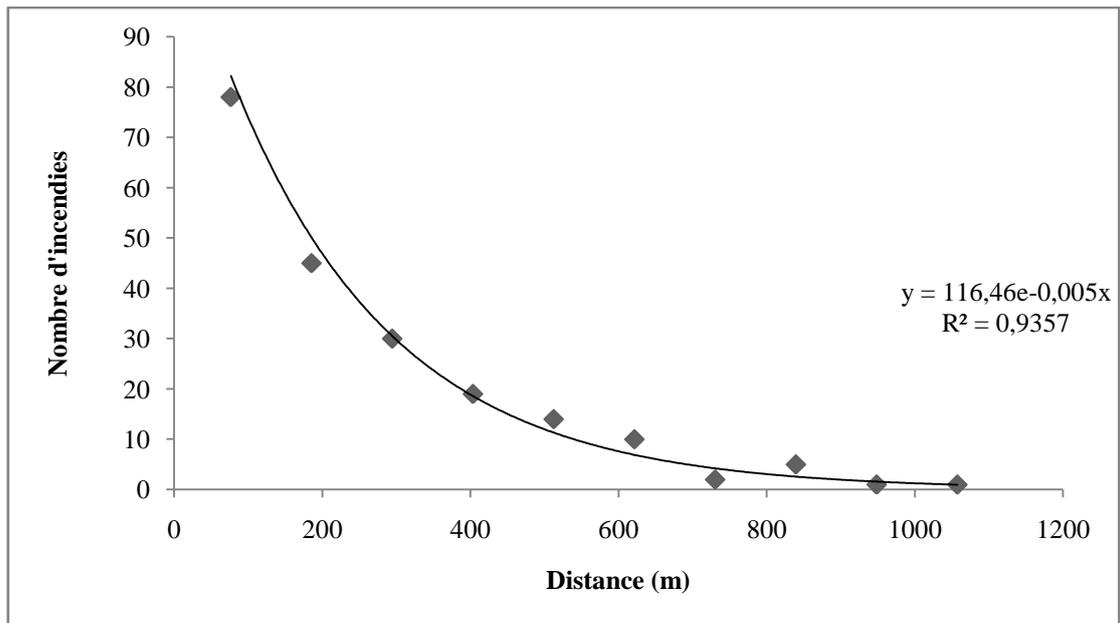
Il y a donc moins d'incendies qui se déclarent près des habitations que des routes.

Le coefficient de corrélation montre une valeur de -0,88. Ceci indique une assez bonne relation linéaire entre le nombre d'incendies et la distance au tissu urbain avec  $R^2= 0,77$ .

Nous avons calculé, par ailleurs, une regression non linéaire dans le but de savoir si un modèle non linéaire décrirait mieux la relation entre les deux variables.

Le coefficient de corrélation montre une valeur de -0,967. Ceci indique une forte relation non linéaire entre le nombre d'incendies et la distance au tissu urbain.

La figure 4.18 montre la liaison non linéaire qui existe entre le nombre d'incendies et la distance au tissu urbain.



**Figure 4.18 :** Variation du nombre d'incendies en fonction de la distance au tissu urbain

### ➤ **Interprétation**

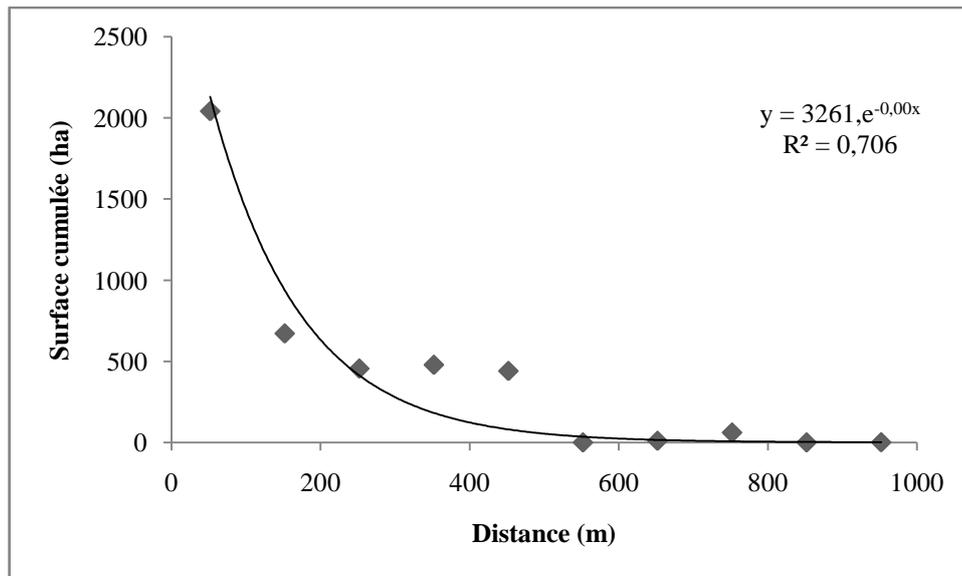
La relation entre les deux variables est formalisée par une fonction exponentielle décroissante avec un coefficient de détermination de  $R^2 = 0,94$ . Ceci indique la présence d'une relation très forte entre le nombre d'incendies et la distance au tissu urbain.

Le tissu urbain a, donc, un effet très important sur la répartition spatiale des incendies de forêts en Kabylie maritime.

### **h) Relation surface cumulée-distance au réseau routier**

Plusieurs facteurs peuvent influencer la variation de la surface incendiée. On cite souvent l'environnement physique autour du site incendié à savoir le type de végétation, la pente, l'latitude et les conditions météorologiques. Néanmoins, le facteur humain peut exercer un effet important sur les surfaces incendiées. Les différents aménagements et les routes peuvent constituer des limites susceptibles de freiner la course d'un feu, mais aussi faciliter l'intervention des pompiers et réduire ainsi la surface incendiée.

C'est ce que nous essayerons de vérifier par la réalisation d'une régression simple entre la surface totale incendiée par classe de distance à la route et les centres de classes de ces distances (figure 4.19).



**Figure 4.19:** Variation de la surface cumulée en fonction des classes de distance à la route

➤ **Interprétation**

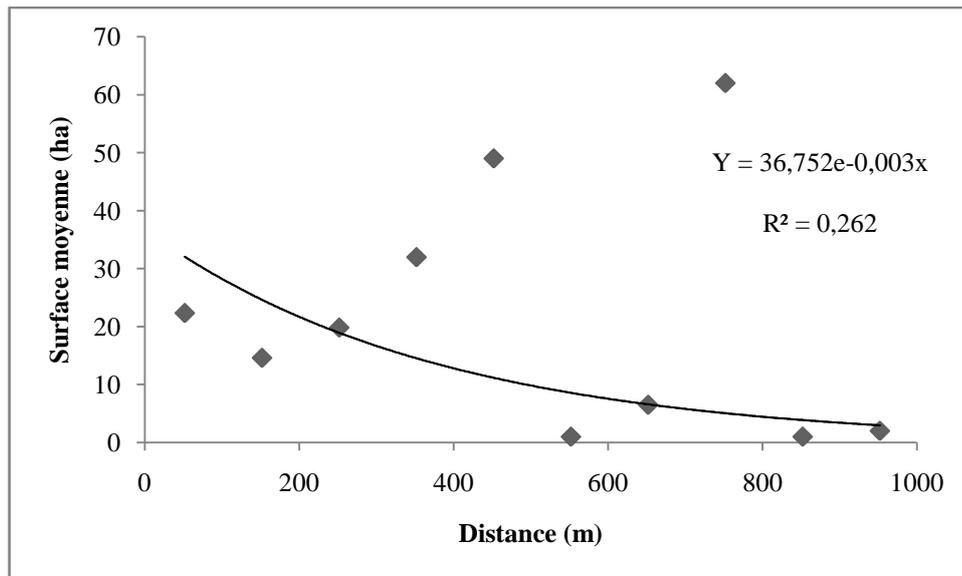
La relation entre les deux variables est décrite par une exponentielle décroissante  $Y = 3261,8e^{-0,008x}$ .

La surface cumulée est très importante pour les courtes distances. Elles varient entre 500 et 2500 ha pour les distances inférieures à 200 mètres et deviennent moins importantes pour les distances moyennes et longues.

Les incendies qui se déclarent près des routes sont plus accessibles pour les pompiers et les riverains et théoriquement, ces incendies doivent détruire moins de surface végétale que ceux qui se déclarent loin des routes et en plein massif. Cependant, la présente analyse montre que la proximité des routes a un effet inverse sur la surface totale incendiée par classe de distance à la route. C'est-à-dire la proximité des routes favoriserait l'augmentation de la surface totale incendiée par augmentation du nombre d'incendies.

La réalisation de la même régression en incorporant la surface moyenne par classe de distance a confirmé ce résultat (Figure 4.20).

La surface incendiée semble suivre fidèlement la même variation que le nombre d'incendies, c'est-à-dire plus le nombre d'incendies est grand plus la surface incendiée est importante et la proximité des routes ne permet pas de limiter la surface incendiée.



**Figure 4.20:** Variation de la surface moyenne incendiée en fonction de la distance à la route

#### i) Relation surface cumulée-distance au tissu urbain

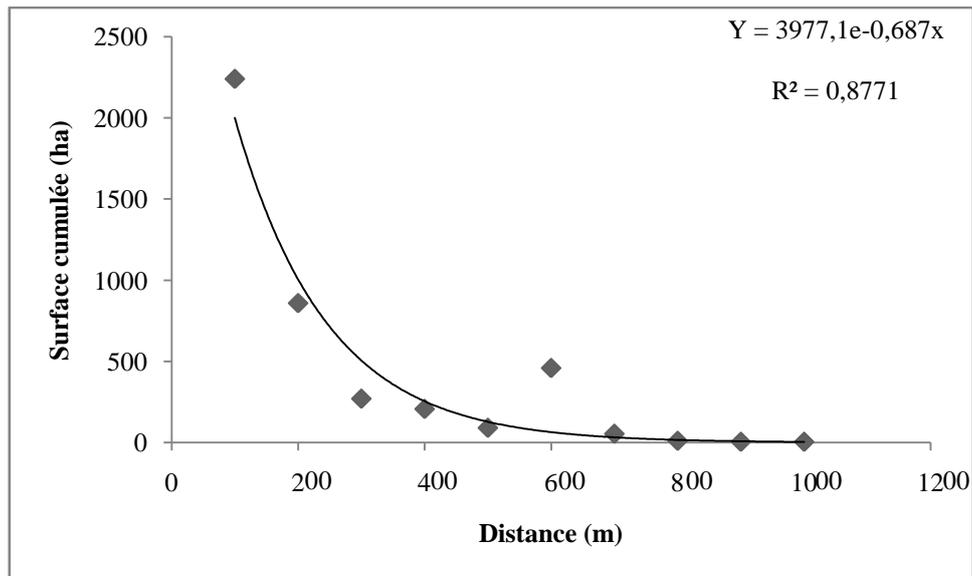
La relation entre le nombre d'incendies et la distance au tissu urbain est clairement montrée plus haut, qu'en est-il de la relation entre la surface cumulée et la distance au tissu urbain ?

La régression simple entre les variables surface cumulée et distance au tissu urbain est décrite par une courbe exponentielle décroissante. La relation est formalisé par l'équation :  $Y = 3977,1 e^{-0,687x}$ , avec un coefficient de détermination  $R^2 = 0,88$  (figure 4.21).

#### ➤ Interprétation

Ce résultat montre une variation semblable à celle qui est mise en évidence entre le nombre d'incendies et la distance au tissu urbain.

La surface cumulée augmente au voisinage des habitations comme pour les routes. L'augmentation du nombre d'incendies autour des habitations est probablement la cause de l'augmentation des surfaces incendiées.



**Figure 4.21:** Variation de la surface cumulée en fonction de la distance au tissu urbain

#### j) Relation surface cumulée -pente

Plusieurs facteurs peuvent influencer la progression d'un feu une fois déclaré. Il s'agit du type de végétation qu'il brûle, du vent et du relief. Ce dernier peut être favorable à la propagation du feu lorsque le terrain est pentu. Mais il ne suffit pas uniquement d'avoir une pente pour que le feu progresse plus vite, il faut aussi une végétation suffisamment consistante pour permettre au feu de se maintenir.

Certains reliefs présentent des pentes supérieures à 50 %, mais ils sont moins pourvus en végétation à cause notamment de l'érosion qui caractérise ce type de terrain en Kabylie maritime (figure 4.22).



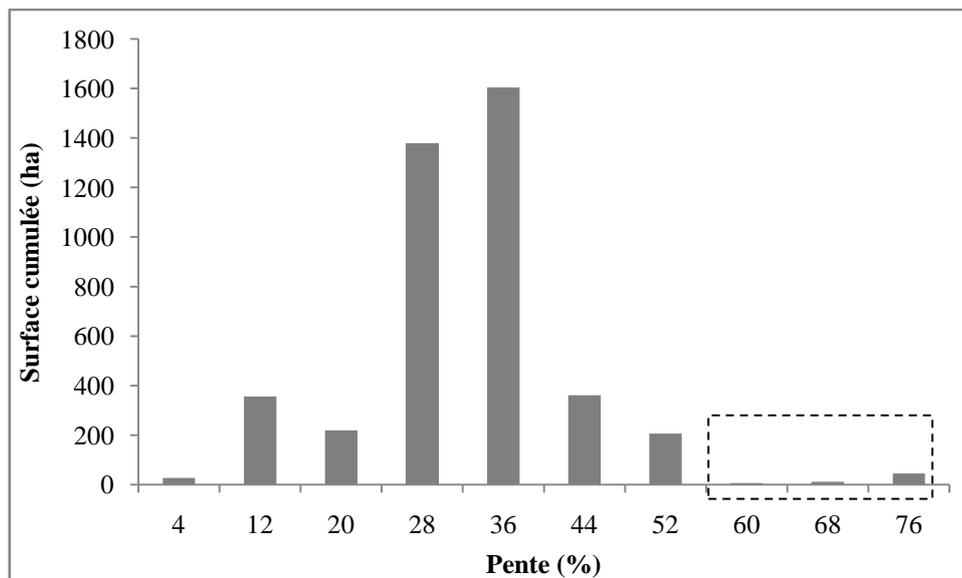
**Figure 4.22:** Exemple de pentes raides avec une végétation moins abondante, Kabylie maritime

La régression multiple précédente n'a pas révélé de lien entre la surface incendiée et la pente, c'est pourquoi nous allons utiliser la surface cumulée par classe de pente et réaliser ainsi une régression simple.

L'utilisation des classes de pentes permet de résumer l'information et de déterminer les classes qui renferment les grandes surfaces cumulées (figure 4.23).

Les classes] 24,32],] 32,40] et] 40, 48] qui ont respectivement des centres de classes 28, 36 et 44 % renferment les plus grandes surfaces cumulées, pourtant elles ne sont que des classes moyennes.

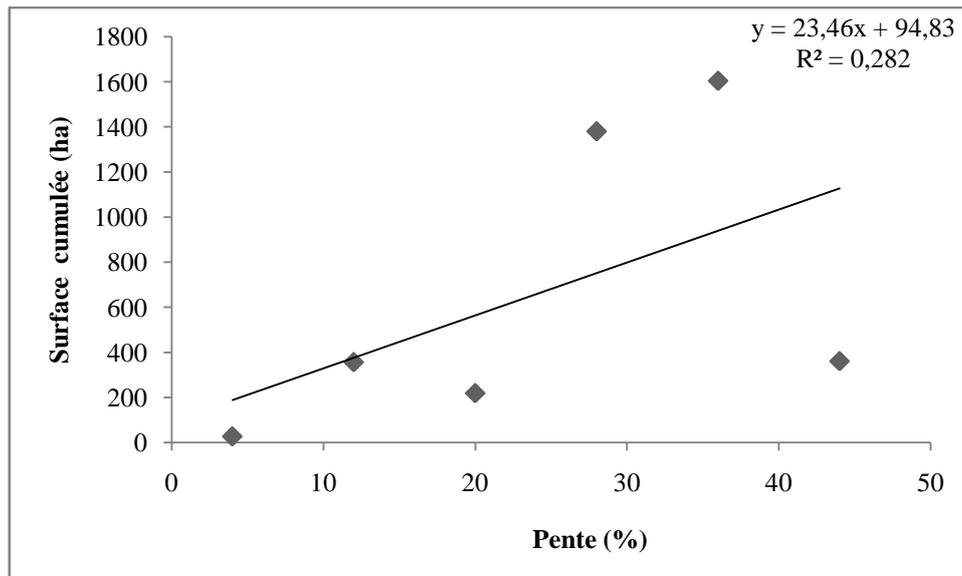
Paradoxalement, les grandes classes ayant les centres de classes suivants : 60, 68 et 76 % ont les plus faibles taux de surfaces cumulées. Ceci peut être expliqué par l'absence d'une couverture végétale consistante lorsque les pentes dépassent un certain seuil, ce qui reste tout de même une hypothèse à vérifier.



**Figure 4.23 :** Répartition de la surface cumulée en fonction des classes de pente

Pour la réalisation de la régression simple, nous n'allons prendre en considération que les sept premières classes et éliminer les trois dernières qui risquent de fausser le traitement statistique.

La régression simple est représentée dans la figure 4.24.



**Figure 4.24:** Variation de la surface cumulée en fonction de la pente

### ➤ **Interprétation**

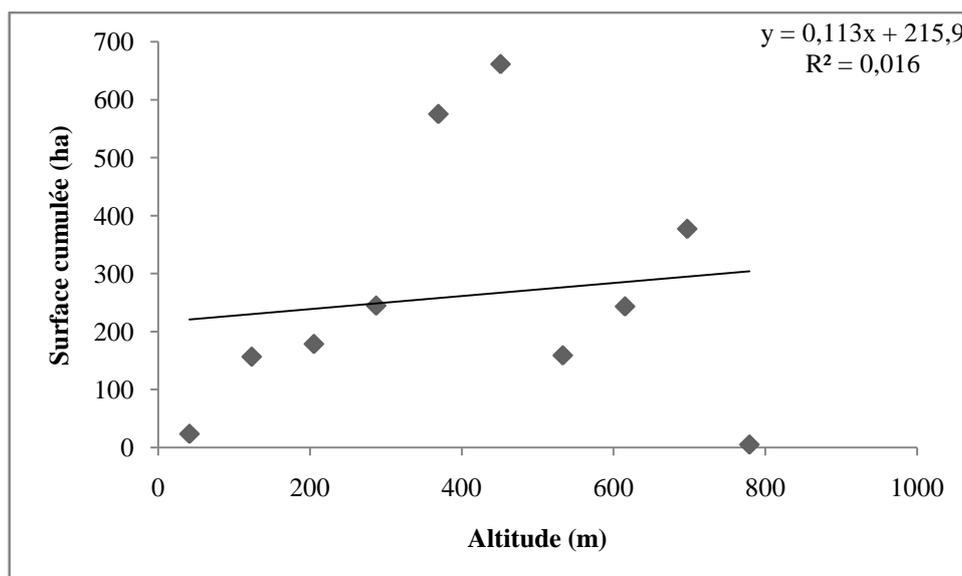
La régression simple entre les variables surface cumulée et pente est décrite par une droite. La relation est formalisée par l'équation :  $Y = 23,463 X + 94,831$ , avec un coefficient de détermination  $R^2 = 0,28$ .

La pente contribue à hauteur de 28 % à l'augmentation des surfaces incendiées en Kabylie maritime. C'est une proportion suffisamment élevée si on regarde la prépondérance du vent par rapport à la pente dans la propagation d'un feu.

### **k) Relation surface cumulée -altitude**

Comme pour la pente, la régression multiple n'a pas montré l'existence de lien significatif entre la surface incendiée et l'altitude, nous avons donc réalisé une régression simple où les données sont regroupées également dans des classes.

La régression simple donne un coefficient de détermination  $R^2 = 0,0168$ . Ce résultat est très faible et n'indique pas la présence d'une corrélation entre la surface incendiée et l'altitude (figure 4.25).



**Figure 4.25** : Variation de la surface cumulée en fonction de l'altitude

➤ **Interprétation**

Ce résultat montre que le facteur altitude n'explique pas les surfaces incendiées en Kabylie maritime.

**1) Relation nombre d'incendies-altitude**

Les températures ont un effet important sur l'apparition des feux en été. Ces dernières varient considérablement au cours de la journée, mais aussi en fonction du relief. En effet, la température tend à baisser avec l'augmentation de l'altitude et inversement, selon SELTZER (1946), cette dernière baisse de 0,6 °C tout les 100 mètres d'élévation.

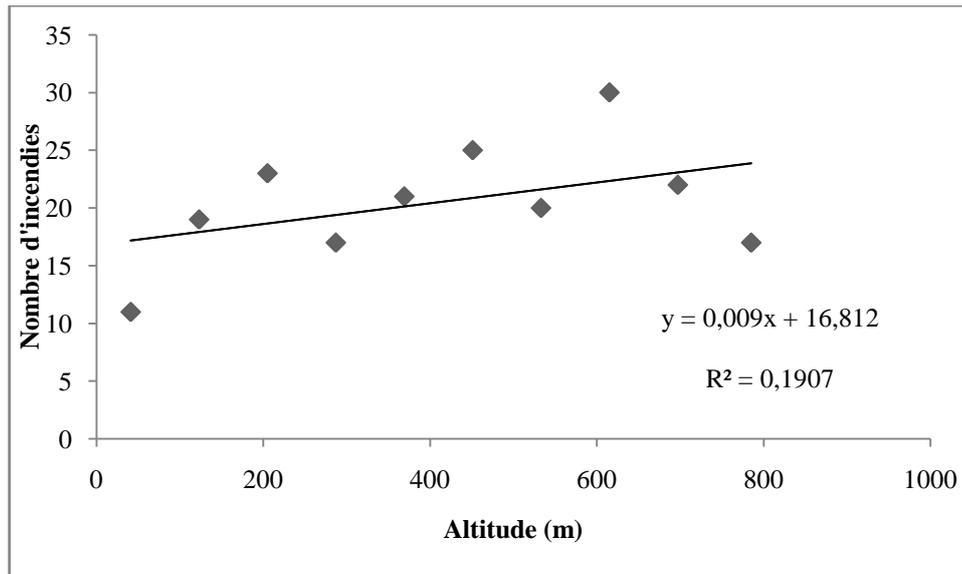
**Tableau 4.9:** Nombre d'incendies par classes d'altitude

CCA(*)	Effectifs incendies Altitude
41	11
123	19
205	23
287	17
369	21
451	25
533	20
615	30
697	22
785	17

(\*) : Centre de classe altitude

Le relief de la Kabylie maritime se caractérise par la présence d'une série de crêtes qui surplombent la mer méditerranée. En outre, les hauteurs de la chaîne côtières se caractérisent par la présence d'une végétation forestière assez dense, ce qui peut favoriser l'apparition des incendies.

Les incendies se déclarent à toutes les altitudes et nous souhaitons savoir si l'altitude exerce un effet sur l'apparition des feux. Nous allons, donc, réaliser une régression simple entre le nombre d'incendies par classe d'altitude et les centres de classes d'altitude (figure 4.26).



**Figure 4.26** : Variation du nombre d'incendies en fonction de l'altitude

### ➤ **Interprétation**

Le coefficient de détermination  $R^2$  donne une valeur de 0,19. Suivant ce résultat, l'altitude n'a pas d'effet notable sur l'apparition des feux. On note tout de même une très légère variation en fonction de l'altitude malgré le contraste existant entre la ligne des crêtes et la bande côtière en matière de températures diurnes. Ceci est probablement dû à la présence d'une végétation forestière relativement dense sur les hauteurs de la chaîne côtière par rapport à la bande côtière. La relation est formalisée par l'équation de droite suivante :

$$Y = 0,009X + 16,812$$

### **m) Relation nombre d'incendies-pente**

La pente a un effet très important sur la progression d'un feu de végétation. En effet, l'angle de contact entre les flammes et la végétation se rétrécit avec la raideur de la pente et de cette manière les flammes se rapprochent mieux de la végétation et tendent à se coucher

sur elle. La pente confère au feu la possibilité d'augmenter sa puissance et de progresser plus vite.

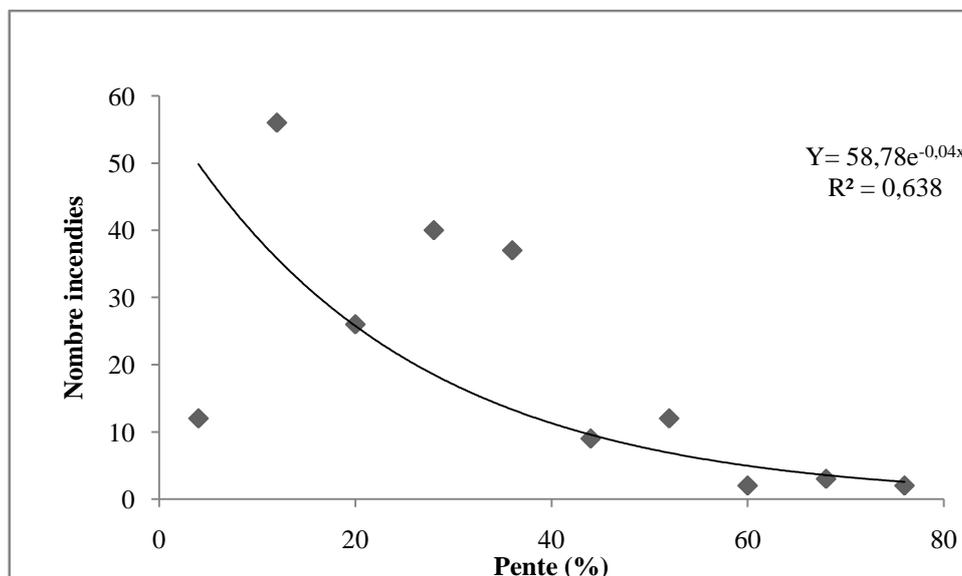
La Kabylie maritime est caractérisée par la présence d'un relief tourmenté avec des pentes très raides. C'est pourquoi nous souhaitons savoir comment varient le nombre d'incendies en fonction de la pente.

**Tableau 4.10:** Nombre d'incendies par classes de pente

CCP (**)	Effectifs incendies Pente
4	12
12	56
20	26
28	40
36	37
44	9
52	12
60	2
68	3
76	2

(\*\*): Centre de classe pente

La régression simple est représentée dans la figure 4.27



**Figure 4.27:** Variation du nombre des feux en fonction de la pente

➤ **Interprétation**

Le coefficient de détermination ( $R^2 = 0,63$ ) indique l'existence d'une corrélation entre la pente et le nombre d'incendies. Cette relation est formalisée par une exponentielle décroissante :  $Y = 58,78e^{-0,04x}$ .

Il semble que les feux se déclarent sur des reliefs à moyenne et faible pente topographique en Kabylie maritime. Les pentes raides connaissent moins de départs de feux. Ceci peut s'expliquer par la faible présence humaine ou d'habitations sur les reliefs très escarpés. La plupart des incendies se déclarent sur des reliefs dont la pente topographique est comprise entre 15 et 40 %.

**n) Régression multiple entre la surface brûlée et toutes les variables**

L'exploitation des données sous forme de classes a permis de mettre en évidence plusieurs relations significatives, par le calcul des régressions simples. Le calcul d'une régression multiple qui regroupe plusieurs variables permet de fournir un modèle d'explication d'une meilleure qualité. Les variables impliquées sont : la pente topographique, l'altitude, la distance au réseau routier, la distance au tissu urbain et la surface incendiée (tableau 4.11). Les autres variables (élevage hors-sol et interface habitat/forêt) ne peuvent être utilisées car leurs données sont relevées par pixel et non pas par incendie.

**Tableau 4.11** : Matrice de corrélation entre les variables

<b>Variab</b> les	<b>Distance R</b>	<b>Distance TU</b>	<b>Altitude</b>	<b>Pente</b>	<b>Surface</b>
<b>Distance R</b>	<b>1,000</b>	0,978	-0,690	-0,574	-0,779
<b>Distance TU</b>	0,978	<b>1,000</b>	-0,617	-0,703	-0,877
<b>Altitude</b>	-0,690	-0,617	<b>1,000</b>	0,249	0,440
<b>Pente</b>	-0,574	-0,703	0,249	<b>1,000</b>	0,946
<b>Surface</b>	-0,779	-0,877	0,440	0,946	<b>1,000</b>

L'équation du modèle s'écrit comme suit :

$$\text{Surface} = 4,16 + 0,04 * \text{Distance R} - 0,1 * \text{Distance TU} + 4,4E-02 * \text{Altitude} + 9,1E-02 * \text{Pente}$$

$$-R^2 = 0,99$$

$$-RMCE = 0,46 \text{ (racine de la moyenne du carré des erreurs)}$$

➤ **Interprétation**

Les variables découpées en classes expliquent très fortement la variation des surfaces brûlées. D'après l'étude de sensibilité, la pente topographique et la distance à la route sont les deux variables les plus pertinentes de ce modèle.

**o) Relation surfaces incendiées-formation végétales et catégorie de route**

La formation végétale et la catégorie de route ont probablement un effet sur les surfaces incendiées. Nous allons tenter de répondre à cette question à travers la réalisation d'un test statistique impliquant le type de formation végétale et la catégorie de route, qui sont des données qualitatives et les surfaces incendiées qui sont des données quantitatives.

-Surfaces incendiées/Type de végétation

La normalité de l'échantillon surfaces incendiées est vérifiée par le test de Shapiro-Wilk.

**Tableau 4.12** : Résultat du test de normalité Shapiro-Wilk

<b>W</b>	<b>0,264</b>
<b>p-value</b>	<b>&lt; 0,0001</b>
<b><math>\alpha</math></b>	<b>0,05</b>

$H_0$  : La variable dont provient l'échantillon suit une loi Normale.

$H_a$  : La variable dont provient l'échantillon ne suit pas une loi Normale.

Étant donné que la p-value calculée est inférieure au niveau de signification  $\alpha=0,05$ , on doit rejeter l'hypothèse nulle  $H_0$ , et retenir l'hypothèse alternative  $H_a$ .

Le risque de rejeter l'hypothèse nulle  $H_0$  alors qu'elle est vraie est inférieur à 0,0001.

La variable surfaces incendiées ne suit, donc, pas une loi normale. Le test approprié dans ce cas, est le test non paramétrique de Kruskal-Wallis (le nombre de modalités pour la variable type de végétation est supérieur à deux, voir annexe 26).

Le résultat du test de Kruskal-Wallis est donné dans le tableau 4.13.

**Tableau 4.13** : Résultat du test de Kruskal-Wallis

<b>Chi-Squared</b>	11,1523
<b>DDL</b>	2
<b>p-value</b>	<0,003787
<b><math>\alpha</math></b>	0,05

$H_0$  : Les échantillons proviennent de la même population.

$H_a$  : Les échantillons proviennent de populations différentes.

Étant donné que la p-value calculée est inférieure au niveau de signification  $\alpha = 0,05$ , on doit rejeter l'hypothèse nulle  $H_0$ , et retenir l'hypothèse alternative  $H_a$ .

Le risque de rejeter l'hypothèse nulle  $H_0$  alors qu'elle est vraie est inférieur à 0,0038.

Le test de Kruskal-Wallis met en évidence une différence significative entre les deux variables surfaces incendiées et type de végétation.

Le complément du test est donné dans le tableau 4.14.

**Tableau 4.14** : Comparaisons multiples par paires suivant la procédure de Dunn/Test bilatéral

Échantillon	Moyenne des rangs	Groupes
Forêt	82,6	A
Maquis	66,32	B
Broussaille	55,38	B

#### ➤ **Interprétation**

Il existe, donc, une influence de la formation végétale sur les surfaces incendiées dans la partie ouest de la Kabylie maritime. Les pertes des forêts en surface végétale sont plus importantes que celles des maquis et des broussailles.

#### -Surfaces incendiées/Catégorie de route

Le même test (Kruskal-Wallis) est également réalisé pour comparer les deux échantillons de surfaces incendiées et la catégorie de la route la plus proche de l'endroit où le feu s'est déclaré. Après l'élimination des valeurs suspectes indiquées par la logiciel R, le résultat du test est donné dans le tableau 4.15 et le tableau 14.16.

**Tableau 4.15** : résultat du test de Kruskal-Wallis

<b>Chi-Squared</b>	26,2097
<b>DDL</b>	3
<b>p-value</b>	< 0,0001
<b><math>\alpha</math></b>	0,05

Le complément du résultat est donné dans le tableau 4.16.

**Tableau 4.16** : Comparaisons multiples par paires suivant la procédure de Dunn/Test bilatéral

Échantillon	Moyenne des rangs	Groupes
National	57,9	A
Départemental	30,30	A
Communal	90,17	B
Agricole	55,6	A

$H_0$  : Les échantillons proviennent de la même population.

$H_a$  : Les échantillons proviennent de populations différentes.

Étant donné que la p-value calculée est inférieure au niveau de signification  $\alpha = 0.05$ , on doit rejeter l'hypothèse nulle  $H_0$ , et retenir l'hypothèse alternative  $H_a$ .

Le test de Kruskal-Wallis met en évidence une différence significative entre les deux échantillons de surfaces incendiées et de catégorie de route.

#### ➤ **Interprétation**

Les routes ont un effet manifeste sur les surfaces incendiées dans la partie ouest de la Kabylie maritime. Les incendies qui se déclarent près des chemins communaux (42%) engendrent des pertes différentes de ceux qui se déclarent près du reste du réseau routier.

#### ➤ **Discussion**

Pour récapituler, nous avons tenté d'expliquer la présence des incendies en Kabylie maritime par des variables anthropiques et des variables environnementales. A cet effet, nous avons réalisé des tests de comparaison de moyennes afin de déterminer si des liens peuvent exister entre le nombre d'incendies et les variables présence ou absence du bâti et agrégation de l'habitat. Des régressions simples et multiples ont été, également, calculées pour déduire si la distance au réseau routier, la distance au tissu urbain, l'élevage hors-sol et les interfaces habitat-forêt ont une influence sur le déclenchement des incendies.

La relation entre les surfaces incendiées et les variables distance au réseau routier, distance au tissu urbain, pente, altitude, catégorie de la route et type de végétation, est également étudiée. Les données qualitatives à savoir le type de formation végétale et la catégorie de route, ont permis de réaliser des tests de comparaison entre ces variables et la surface incendiée.

Les tests statistiques réalisés ont montré que les incendies ont lien spatial manifeste avec des facteurs anthropiques tels que la présence ou l'absence du bâti et l'agrégation de l'habitat. D'après FOX et *al.*, (2014), les habitations éparses et isolées présentent plus de risque d'incendie que les habitations denses ou groupées. Les régressions simples ont, également,

permis de montrer des corrélations négatives très fortes entre le nombre d'incendies et la distance à la route et entre le nombre d'incendies et la distance au tissu urbain. Les incendies éclosent à plus forte proportion au voisinage des routes et des habitations. La régression multiple incluant la surface incendiée la pente, l'altitude, la distance à la route et la distance au tissu urbain a permis d'expliquer très fortement les incendies en Kabylie maritime.

En revanche la régression multiple entre le nombre d'incendies et les variables d'élevage hors-sol et d'interface habitat-forêt, a montré l'existence d'une relation très faible et n'apportent, finalement, qu'une maigre contribution à l'explication de la répartition spatiale des incendies et ce en dépit du rôle que peuvent jouer les interfaces habitat/forêt dans le déclenchement de certains incendies, d'autant plus que la relation entre les incendies et la présence et l'agrégation de l'habitat a été mise en évidence. Les régressions simples ont révélé une liaison négative hautement significative entre les surfaces incendiées et les variables explicatives (distance au réseau routier et distance au tissu urbain). Les incendies qui se déclarent à proximité des routes et des habitations sont plus nombreux et ont plus de chance de cumuler d'importantes pertes en surface végétale. L'influence de la pente sur la surface incendiée a été également mise en évidence, mais aucun effet de l'altitude sur la surface incendiée n'a été montré.

Les surfaces incendiées sont également liées au type de formation végétale et à la catégorie de la route.

### **Conclusion**

Les incendies de forêts constituent un phénomène lié à l'environnement physique à savoir le relief et la végétation, mais leur existence s'explique plutôt par la présence humaine à travers l'occupation de l'espace. La dimension spatiale du risque feu de forêt prend tout son sens en Kabylie maritime, car il n'y a, à présent, nul doute sur l'implication directe des objets spatiaux comme les routes et les habitations dans l'apparition des feux. En effet, il ressort de l'interprétation des différents résultats obtenus que la présence des incendies de forêts, en Kabylie maritime, soit fortement liée à la présence humaine. Les tests de comparaison des moyennes ont révélé que le feu est lié à la présence de l'habitat et à son organisation spatiale. En revanche, on ne sait pas par quel mécanisme le feu parvient à se déclarer, car la régression multiple ayant comme variables explicatives le nombre d'interfaces et le nombre d'élevage, n'a pas permis de trouver une relation significative entre ces dernières et les incendies. En effet, l'absence d'influence de la variable élevage hors-sol et de la variable interface h/f sur le

nombre d'incendies peut être interprétée comme une prudence de la part des riverains pour protéger leurs exploitations et leurs habitations contre le feu.

Des régressions simples et multiples, où des variables environnementales et des variables spatiales sont utilisées comme variables explicatives, ont été calculées, afin d'expliquer les incendies. Les variables découpées en classes ont permis d'expliquer très fortement la variation des surfaces brûlées.

Les incendies se déclarent à plus grand nombre au voisinage des routes et des habitations et leur nombre diminue fortement en s'en éloignant. C'est aussi le même cas pour les surfaces cumulées de chaque classe de distance à la route et au tissu urbain. Elles augmentent manifestement au voisinage des routes et des habitations.

L'effet de la pente topographique, qui est considérée comme un élément physique important de propagation du feu, a été également montré, contrairement à l'altitude qui ne semble pas avoir un rôle important dans l'apparition des incendies en Kabylie maritime.

La formation végétale et la catégorie de route semblent, également, avoir un effet sur la surface incendiée. Les incendies parcourent une surface plus grande lorsqu'ils brûlent des forêts que lorsqu'ils brûlent des maquis ou des broussailles, mais aussi ils ont tendance à détruire de plus grandes surfaces au voisinage des routes communales, plus fréquentées.

## **CHAPITRE 5**

### **Grands feux et conditions climatiques extrêmes en Kabylie maritime**

Les incendies de forêts apparaissent lorsque les conditions climatiques le permettent. C'est ainsi que le lien entre les feux de forêts et les facteurs météorologiques, peut être approché. Ce sont, en quelque sorte, eu égard aux conditions environnementales, les conditions météorologiques qui déterminent la période propice à la naissance du feu. Des corrélations positives et significatives ont été établies dans plusieurs études antérieures, notamment celles qui mettent en évidence la relation de l'état hydrique des végétaux et les départs des feux (VIDAL *et al.*, 1994 ; PROSPER-LAGET *et al.*, 1994).

Ainsi, l'été peut être considéré comme la période propice pour les incendies en région méditerranéenne, car à cette saison, les conditions climatiques sont plus favorables, avec des températures élevées pouvant engendrer une aridité accrue. En Kabylie maritime, plusieurs incendies se déclarent durant cette période, néanmoins, il demeure que la plupart de ces derniers appartiennent à la catégorie des incendies de petite taille, c'est-à-dire que la surface détruite par chacun de ces feux ne dépasse pas les 5 ha. Cette part représente environ 43 % du nombre total des incendies enregistrés au niveau des trois communes ouest de la Kabylie maritime, en revanche elle ne cause qu'une infime part des dégâts. Par ailleurs, les feux de grande taille (> 100ha) ne représentent que 6 % du nombre total d'incendies, mais ils détruisent un peu plus de la moitié (54%) de la surface totale incendiée.

A ce titre, le présent chapitre est consacré à l'étude des grands incendies avec une reconstitution des conditions météorologiques aux moments de leur déroulement. Il s'agit, entre autre, d'analyser et de comparer les conditions dans lesquelles ces feux se sont déclarés et aussi d'essayer d'expliquer leurs évolutions en fonction des facteurs météorologiques du moment.

Pour ce faire, nous avons opté pour une analyse individualisée de l'évolution de certaines variables météorologiques dans le temps : avant le déclenchement des feux, pendant leur déroulement et à leur extinction. Cette analyse sera suivie d'une synthèse comparative des différentes conditions et d'une classification ascendante hiérarchique pour déterminer le seuil critique des grands incendies.

## **5.1 Contexte climatique de la saison estivale**

Comme nous l'avons évoqué dans le chapitre 2, le climat de type méditerranéen est très favorable à l'occurrence des incendies pendant la saison estivale qui débute en juin et finit en septembre.

Le contexte climatique estival de la région méditerranéenne explique bien l'apparition des incendies en Kabylie maritime en cette période précise, mais fournit moins d'explications concernant les grands incendies qui sont un phénomène marginal, du point de vue de la fréquence, mais ravageur.

Il ressort des différentes données disponibles, que la plupart des incendies qui se déclarent en Kabylie maritime sont maîtrisés avant d'atteindre des proportions inquiétantes. En effet, 42,3 % des incendies ne dépassent pas 5 ha avant de s'éteindre et seulement 6,3 % des incendies échappent véritablement au contrôle.

Il y a lieu de souligner que tous les grands incendies qui ont parcouru plus de 100 ha en Kabylie maritime ont lieu exclusivement en août, septembre et octobre ! D'après les statistiques disponibles, il n'existe aucun incendie dépassant 100 ha en dehors de cette période. Ceci n'est pas sans rapport avec les conditions météorologiques et l'état hydrique des plantes à cette période précise, car le mois d'août est le mois le plus chaud et le plus sec de l'année, mais la sécheresse météorologique peut se prolonger jusqu'en octobre et ceci malgré la baisse des températures journalières moyennes et le retour de la fraîcheur pré-automnale. Il se trouve que le stress hydrique auquel la végétation est soumise durant trois ou quatre mois consécutifs plonge cette dernière dans un état de déshydratation très poussée, surtout à la fin de l'été, il suffit alors d'un simple épisode chaud et venteux pour qu'un grand feu ait lieu.

Bien que cela ne soit pas encore admis par l'ensemble de la communauté scientifique, il demeure néanmoins que certains auteurs comme VACIK et *al.*, (2011) parlent d'une augmentation des phénomènes extrêmes comme d'une réalité inéluctable qui pourrait favoriser les incendies de forêts, tels que l'amenuisement des précipitations, les grands orages avec beaucoup de foudre, moins de neige, etc.

## **5.2 Sécheresse et stress hydrique des plantes**

L'absence quasi-totale de précipitations pendant la saison estivale et la hausse des températures (diurnes et nocturnes) sont les raisons pour lesquelles les végétaux se retrouvent en état de stress hydrique maximal à cette période de l'année. C'est un état de déshydratation des plantes qui s'installe progressivement, à commencer par les graminées, et provoque la mort de ces dernières dans les premières semaines de l'été. Ceci représente un point de départ

idéal pour tout incendie. Les autres plantes pluriannuelles qui ont développé un système racinaire plus ou moins profond, résistent mieux à la chaleur de la journée en pompant de l'eau ou en développant une stratégie d'adaptation physiologique de l'épiderme et des feuilles. Cet état de déshydratation est suffisamment long et irréversible et peut être qualifié de constant pendant la période estivale, à cause notamment des conditions climatiques qui s'installent pendant cette période en plus des dégâts qu'il provoque au niveau des plantes, prédisposant ainsi, la végétation au feu jusqu'au retour de la fraîcheur et des pluies.

Il est possible d'évaluer la pression qui s'exerce sur les plantes comme le déficit hydrique, par l'estimation de la réserve d'eau du sol, notamment la réserve utile et contribuer, ainsi, à la prédiction de l'aléa.

Penman a mis au point une méthode d'estimation du taux de remplissage de la réserve d'eau du sol, qui renseigne sur l'état du stress hydrique de la végétation et de sa susceptibilité à l'inflammation et à la combustion. Cette méthode est jugée fiable et applicable à l'échelle d'une décade.

Lorsque les températures s'établissent à des niveaux élevés et l'hygrométrie à des niveaux bas, le phénomène de l'évapotranspiration s'accroît. L'atmosphère exerce, ainsi, une « pression » importante sur le végétal au point que ce dernier est assimilé à une pompe à eau. L'eau s'évapore des couches superficielles du sol (litière et humus) par changement d'état et s'évapore aussi des couches profondes du sol par le biais des plantes, qui absorbent l'eau en fonction de la demande atmosphérique en tension de vapeur d'eau et de son transfert dans l'air par transpiration.

Par le stress qu'elle exerce sur les plantes, la sécheresse a donc une forte influence sur le développement des feux de forêts.

### **5.3 Conditions météorologiques favorisant les grands incendies en été en Kabylie maritime**

Les incendies peuvent se déclarer pendant n'importe quelle journée en été, car les conditions favorables à l'éclosion s'installent durablement en Kabylie maritime comme dans la plupart des régions d'Algérie.

En plus de l'action du vent qui est l'un des facteurs les plus importants, la température et l'humidité relative de l'air ne sont pas des moindres (VENTURA *et al.*, 2006).

La température moyenne journalière augmente significativement, à l'inverse de l'humidité relative de l'air qui baisse sensiblement en été.

### 5.3.1 Température

Les données de températures utilisées sont fournies par les deux stations météorologiques de Dellys et de Boukhalfa.

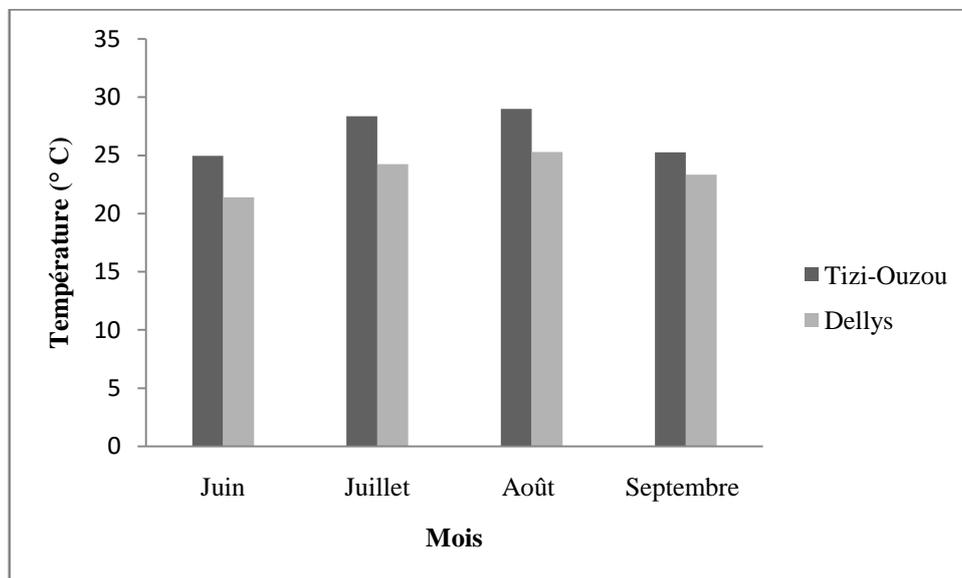
La température exerce un effet physique sur l'air et la végétation en favorisant l'évaporation. Elle est, souvent, mesurée au ras du sol. Elle est exprimée en température moyenne journalière. Son effet est maximum à certaines heures de la journée (CARREGA, 1994).

L'air chaud affecte l'environnement des plantes et au contact de celles-ci, les réchauffe et les assèche en accélérant l'évapotranspiration.

Les plantes sont très sensibles aux variations de la température de l'air qui exerce une pression sur ces dernières et modifie profondément leur teneur en eau et donc leur sensibilité au feu.

En revanche, la présence de la mer à proximité exerce un effet tampon en adoucissant les températures hivernales et estivales.

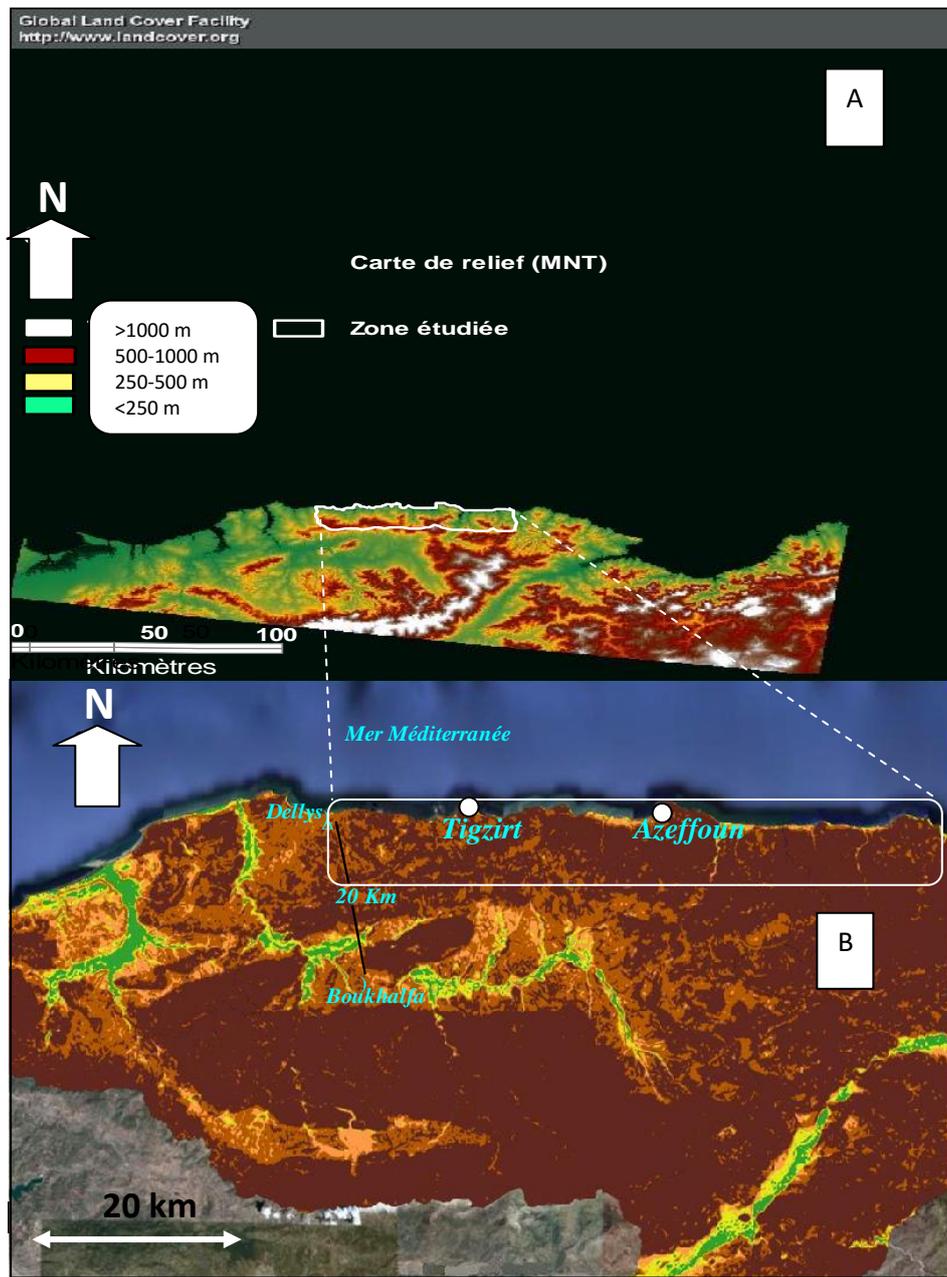
Les températures moyennes enregistrées à la station météorologique de Dellys (au bord de la mer), sont nettement inférieures à celles enregistrées au niveau de la station de Boukhalfa qui se situe à une vingtaine de Kilomètres à vol d'oiseau de la mer vers l'intérieur de la Wilaya de Tizi Ouzou.



**Figure 5.1:** Comparaison des températures moyennes mensuelles en été entre la station de Dellys et celle de Boukhalfa (1990-2008)

Les données des deux stations météorologiques confirment que le mois de septembre est légèrement plus chaud que le mois de juin, ce qui explique la fréquence relativement élevée d'incendies en fin d'été et surtout la présence de grands incendies à cette période. Par ailleurs,

selon les données de la station de Boukhalfa, le mois de septembre est nettement plus humide que le mois de juin pour la période (1990-2008), il est tombé en moyenne 64 mm de pluie en septembre contre 22 mm en juin. Malgré l'importante quantité de précipitations enregistrées en septembre, le déficit hydrique demeure, néanmoins, plus élevé qu'en juin, ce qui explique la fréquence importante des incendies en septembre et surtout la présence de grands incendies.



**Figure 5.2:** Situation de la station météorologique de Boukhalfa par rapport à la zone d'étude

La figure 5.2 illustre la distance qui sépare les deux stations météorologiques dont les températures sont nettement différentes et ceci s'explique probablement par la présence de la mer d'un côté et la barrière orographique qui se dresse entre les deux stations de l'autre.

### 5.3.2 Humidité relative de l'air

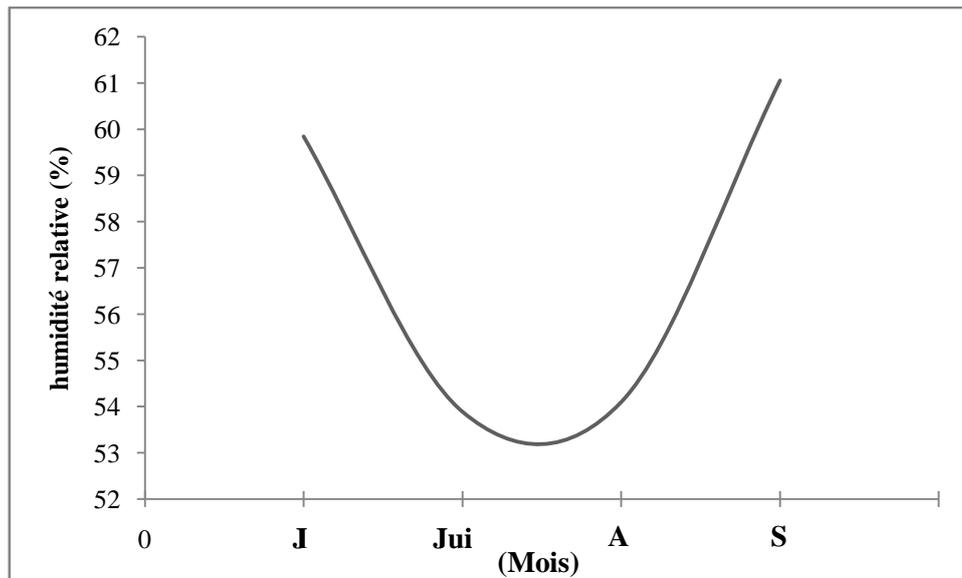
Appelée également hygrométrie, l'humidité relative de l'air a un effet important sur l'aléa feu de forêt. Elle est estimée à partir des données combinées de la température mesurée par un psychromètre ou par une sonde à cheveux spéciale.

Au dessous de 30 % d'humidité, l'air est considéré sec. C'est souvent à ce seuil que les feux de forêts se déclarent et font des dégâts considérables, si éventuellement il y a combinaison avec le vent.

*« La matière organique morte absorbe l'humidité de l'air lorsque celle-ci est suffisamment élevée. Mais pour les plantes vivantes, on sait que des mécanismes physiologiques de régulation entrent en jeu pour limiter les pertes en eau à travers les stomates, en temps sec. En temps humide, le comportement du système aérien des plantes vivantes semble obéir aux mêmes lois physiques que la matière organique morte, en état de forte déshydratation »* (CARREGA, 1994). Les végétaux peuvent piéger l'eau atmosphérique par le biais des poils présents sur les feuilles et absorber ainsi le brouillard et la rosée surtout ceux qui présentent un déficit hydrique important, mais ce processus est peu actif en été car le phénomène de la rosée est quasi-absent.

L'hygrométrie joue un rôle très important dans l'apparition des feux de forêts. Il existe, selon BILLAND (1985), une forte corrélation entre le nombre d'incendies et l'hygrométrie ( $r = 0,76$ ).

Cette forte relation entre le nombre d'incendies et l'humidité relative de l'air n'est qu'un indicateur qui renseigne sur la contribution significative de l'état de l'atmosphère à l'aléa feu de forêt.



**Figure 5.3:** Humidité relative moyenne mensuelle de juin à septembre, station de Boukhalfa (1990-2008)

Selon les données de la station de Boukhalfa, l'humidité relative baisse fortement pendant les mois de juillet et le mois d'août. Cette baisse d'humidité relative de l'air coïncide avec la hausse des températures, ce qui a un effet direct sur la teneur en eau de la végétation, par conséquent sur la fréquence des incendies.

### 5.3.4 Vent

« Les conditions météorologiques près du feu et des alentours, à savoir le vent, sont des variables importantes pour prédire le comportement du feu. Le vent non seulement change avec le temps, mais peut aussi changer dans l'espace, c'est-à-dire, dans un sens horizontal et/ou vertical » (PITA et al., 2006).

Qu'il soit d'origine thermique ou synoptique, le vent a un effet très important sur le feu. Il exerce deux types d'actions :

- une action indirecte qui consiste en la prédisposition à l'inflammation par l'apport d'air chaud qui contribue à l'assèchement de la litière et des éléments fins de la strate herbacée et des feuillages en temps chaud. Cette action est plus importante dans le cas d'un vent synoptique.
- une action directe qui consiste en l'attisement des flammes par un apport et un renouvellement de l'oxygène de l'air en permanence.

L'apport sans cesse d'oxygène intensifie la combustion (CARREGA, 1994).

Par son effet mécanique, le vent rajoute de la puissance à la combustion de la matière ligneuse. Cette puissance détermine la propagation de l'incendie. Plus le vent est fort, chaud

et sec, plus est grande la vitesse de la propagation. Elle culmine aux alentours des 70 Km/h, au-delà, il y a plaquage et écrasement des flammes, ce qui peut ralentir la propagation (CARREGA, 1994).

L'action du vent peut être aussi modifiée par le type du relief qu'il rencontre pendant son écoulement.

En raison de l'absence de nébulosité, le phénomène de brise thermique est très fréquent en période estivale au niveau du terrain d'étude. Pour ce qui concerne la brise de mer, elle se manifeste en fin de matinée et s'accélère en début d'après midi, avant de disparaître en fin de journée, car la mer se réchauffe moins rapidement que la terre, une différence significative de température entre les deux milieux est alors créée. Ainsi, le vent entame son écoulement depuis le milieu marin plus frais vers le milieu terrestre plus chaud. Elle peut atteindre des vitesses relativement fortes (jusqu'à 40 km/h).

Quant à la brise de terre, elle se manifeste le plus souvent la nuit. La même différence de température entre les deux milieux marin et terrestre est engendrée, mais dans le sens inverse. La terre se refroidit plus rapidement que la mer pendant la nuit, ce qui pousse l'air à se déplacer de la terre vers la mer, mais à des vitesses faibles.

Le relief a un effet indirect mais important sur les proportions que peut prendre un feu de forêt, notamment par l'action qu'il exerce sur l'orientation du vent. Les vents inter-réagissent avec le relief qui peut, selon sa morphologie, jouer le rôle de « déviateur » ou de brise-vent, diminuant ainsi la force du vent et provoquant un changement dans son orientation, ce qui n'est pas sans effet sur l'orientation des flammes, mais il est rare qu'un vent freine la propagation de celles-ci. Il est l'allié naturel du feu.

Les incendies de forêts sont fonction du contexte météorologique à l'échelle synoptique, mais la connaissance de leur comportement doit tenir compte essentiellement des conditions physiques et aérodynamiques au voisinage du site. C'est pourquoi, il est essentiel de réaliser des profils de vent à proximité des grands incendies pour comprendre leur évolution.

De surcroît, le vent est un bon moyen de transport pour les flammèches et les braises incandescentes. Ce qui provoque la naissance de foyers secondaires en avant ou en arrière du front des flammes.

En Kabylie maritime, ce sont les vents d'Ouest qui dominent pendant la saison estivale. C'est aussi la période la moins calme de toute l'année avec près de 50 % de jours d'accalmie. La vitesse du vent qui domine se situe entre 7 et 11 m/s (25,2 et 39,6 Km/h). Cette vitesse moyenne est assez modérée, mais parfois elle peut atteindre jusqu'à 75 Km /h.

Les vents du Sud-Ouest (Sirocco), qui représentent moins de 4 % des vents totaux, sont généralement les plus secs et les plus chauds. Ils atteignent les côtes méditerranéennes du Sud et créent des conditions exceptionnelles de chaleur et de sécheresse. Ils soufflent à des vitesses variables, mais en général leurs vitesses se situent entre 7 et 11 m/s.

Généralement le temps est assez sec et chaud pour la période de l'été, vient s'ajouter à cela le Sirocco, qui est encore plus chaud et plus sec, par conséquent, la végétation se retrouve dans une situation de déficit hydrique qui frôle le flétrissement et le moindre départ de feu peut être potentiellement dramatique pour les formations végétales du littoral.

### **5.3.5 Insolation**

Le risque d'incendie augmente avec l'augmentation de la durée de l'exposition des plantes au soleil. Avec près de 1000 heures cumulées d'insolation, en moyenne, pour les quatre mois de la saison sèche, la végétation littorale accélère son activité photosynthétique en utilisant le maximum d'eau disponible au niveau de la réserve du sol. L'ensoleillement contribue, ainsi, à l'assèchement des végétaux et de la litière par augmentation de la température de l'air et de celle de la surface du sol surtout sur les versants les plus exposés au soleil.

Les versants sud bénéficient d'une importante intensité solaire par rapport aux versants nord, ce qui devrait modérer l'impact de l'ensoleillement sur la bande littorale la moins exposée au soleil. Cependant, la longueur de la journée en été peut parer au manque d'intensité pour certains versants qui sont moins exposés au soleil. Les versants sont longuement exposés et captent tout de même une part importante d'énergie solaire.

## **5.4 Matériels et méthodes**

### **5.4.1 Grands incendies**

Nous avons relevé l'existence de plusieurs grands incendies en Kabylie maritime pour la période 1990-2000, mais pour réaliser cette étude nous avons sélectionné 36 d'entre eux (tableau 5.1). Cette sélection répond à un seul critère, à savoir la surface incendiée. En effet, il n'y a que les incendies qui ont détruit une surface supérieure ou égale à 100 ha qui sont pris en considération dans cette étude.

La catégorie des incendies de grande taille représente 54 % de la surface totale détruite dans notre terrain d'étude. Il y a lieu de souligner, également, l'importante part des incendies de taille moyenne qui détruisent 40 % de la surface totale, ce qui n'est pas négligeable.

A titre de comparaison, les incendies de grande taille détruisent 75 % de la surface totale en moyenne annuellement dans le Sud-Est de la France (CHEVROU, 2005).

Les incendies sélectionnés sont répartis sur cinq communes (Tigzirt, Iflissen, Azeffoun, Aghrib et Aït Chafaâ). Ils se sont déclarés à des endroits différents et à des moments différents. Leur propagation est favorisée, non seulement par un important volume ligneux, mais aussi par la continuité de celui-ci et des conditions climatiques particulières.

Les communes d'Azeffoun et d'Aït Chafaâ sont les plus touchées par ces grands incendies. La majorité d'entre eux ont eu lieu durant le mois d'août, mais de grands feux ont également eu lieu en septembre et même en octobre.

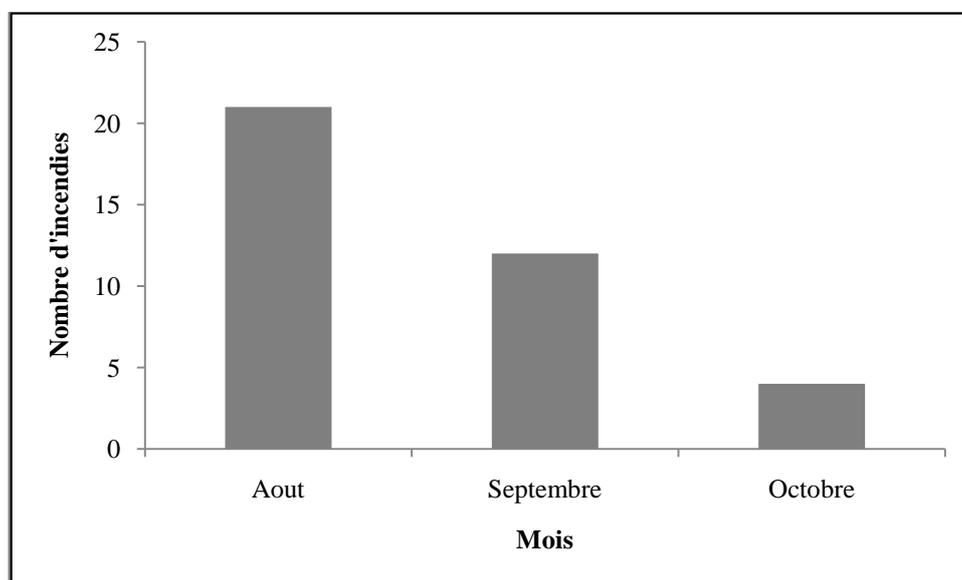
Chaque incendie s'est déroulé dans des conditions météorologiques différentes. Il est donc important d'analyser les journées à grands feux du point de vue météorologique, pour déterminer les spécificités associées à ces grands incendies. Il est également intéressant de mettre en évidence le dénominateur commun de ces grands feux en matière de conditions climatiques, et aussi de comprendre leur comportement dans leur environnement.

**Tableau 5.1:** Incendies dont la surface parcourue est  $\geq 100$  ha (1990-2008)

Lieu	Date/heure départ –extinction	Surface (ha)	Végétation incendiée
Aghrib	14/08/1990-14/08/1990	112	Chêne liège, broussaille
Ait Sidi yahia	23/09/1990-23/09/1990 (08h30-18h45)	200	Eucalyptus, broussaille, diss
Boubkeur	12/10/1990-12/10/1990 (13h30-17h40)	160	Chêne liège, eucalyptus, broussaille
Tifrest	12/10/1990-13/10/1990 (16h30-06h00)	100	Eucalyptus, arbres fruitiers
Cheurfa	12/10/1990-13/10/1990 (16h30-08h00)	120	Eucalyptus, arbres fruitiers, broussaille
El Kelâa	11/09/1992-12/09/1992 (10h15-00h00)	375	
Lâach	26/09/1992-26/09/1992 (11h45-18h00)	500	
Ait Youcef	26/09/1992-26/09/1992 (14h20-17h00)	350	
Tizi Temlelt	26/09/1992-27/09/1992 (19h00-03h00)	120	
Sidi Yahia	26/09/1992-26/09/1992 (11h50-18h00)	100	Eucalyptus, diss
Azeffoun	27/09/1992-28/09/1992 (19h10-01h30)	150	Figuier, diss
Cheurfa	27/09/1992-29/09/1992 (13h00/15h00)	100	Eucalyptus, olivier
Cheurfa	22/09/1993-22/09/1993 (11h00-22h00)	200	
Iguer N'Salem	23/09/1993-24/09/1993 (19h35-16h30)	290	
Igoujdal	13/10/1993-14/10/1993 (10h00-02h00)	500	Résineux, olivier, figuier, broussaille
Sidi Yahia	09/08/1994-10/08/1994 (10h00-14h30)	420	Résineux, eucalyptus, olivier, diss, herbe sèche
Ibahrizen	10/08/1994-13/08/1994 (09h00-08h00)	825	Résineux, eucalyptus, olivier, diss, broussaille, herbe sèche, figuier
Tigrine	12/08/1994-17/08/1994 (14h00-14h30)	900	Chêne liège, chêne zeen, olivier, figuier, herbe sèche, broussaille
Tala ranim	13/08/1994-16/08/1994 (09h00-08h00)	205	Chêne liège
Tigrine	14/08/1994-19/08/1994 (13h00-11h00)	320	Chêne liège, chêne zeen, pin d'Alep
Aghrib	14/08/1994-17/08/1994 (17h00-06h00)	500	Chêne liège, olivier, chêne zeen, figuier, broussaille
Tala Bouaden	19/08/1994-20/08/1994 (11h00-22h00)	1000	chêne zeen, diss
Tifrest	20/08/1994-21/08/1994 (10h30-08h00)	305	Eucalyptus
Ighil mahni	20/08/1994-22/08/1994 (09h00-14h00)	625	Eucalyptus, diss, herbe sèche
Tigrine	20/08/1994-24/08/1994 (09h00-14h00)	300	Chêne liège
Kiria	21/08/1994-22/08/1994 (15h00-20h00)	350	Eucalyptus, diss
Ihamziouene	21/08/1994-22/08/1994 (17h00-20h00)	330	Eucalyptus, diss
Aberrane	21/08/1994-22/08/1994 (08h50-15h00)	135	
Tifrit	24/08/1994-25/08/1994 (17h00-17h00)	630	Chêne liège, chêne zeen, herbe sèche
Cheurfa	29/08/1994-30/08/1994 (17h45-12h00)	270	Eucalyptus
Imamouchen	19/08/1999-24/08/1999 (11h45-07h30)	200	Chêne liège et chêne zeen
Agouni Moussi	25/08/1999-26/08/1999 (11h45-15h15)	720	
Hendou	20/08/2000-22/08/2000 (15h35-22h30)	320	Chêne liège, fruitiers, broussailles
Oulkhou	25/08/2000-26/08/2000 (13h40-09h00)	175	eucalyptus, maquis, fruitiers, divers
Thamazirth Ouguichil	22/08/2000-27/08/2000 (15h30-21h00)	104	Chêne liège, chêne zeen
Cheurfa	09/09/2008-10/09/2008 (09h00-06h00)	210	Eucalyptus, fruitiers, divers

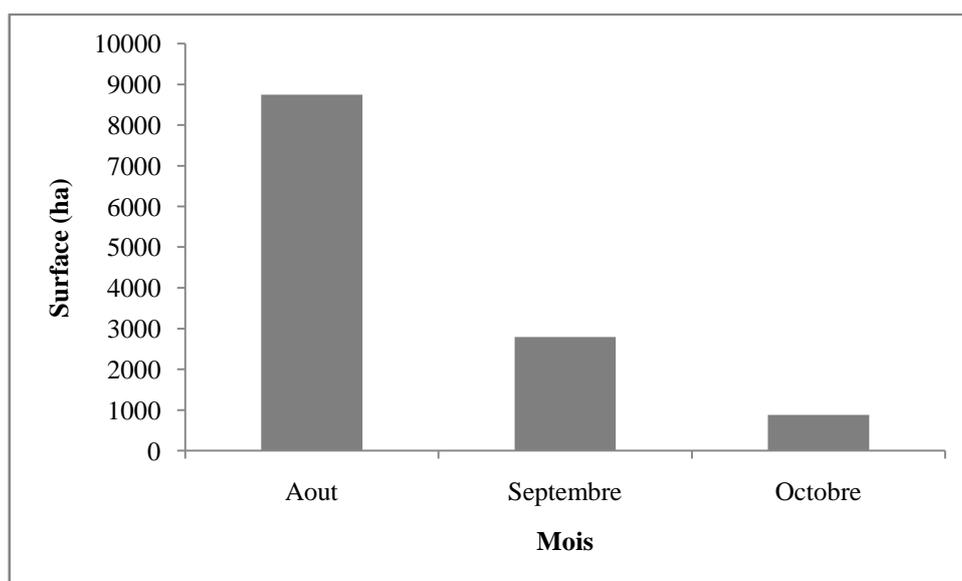
Les incendies sélectionnés sont tous survenus en été ou au début de l'automne. Il y a 21 incendies survenus durant le mois d'août, 11 en septembre et 4 en octobre.

Le mois d'août est, donc, le mois qui connaît le plus grand nombre de grands feux en Kabylie maritime avec une proportion de 58,3% (figure 5.4).



**Figure 5.4** : Répartition des grands feux en fonction des mois en Kabylie maritime

La surface incendiée cumulée varie également d'un mois à un autre. Le mois d'août connaît la plus importante surface avec 8546 ha (figure 5.5), suivi du mois de septembre avec 2795 ha et enfin le mois d'octobre avec seulement 880 ha.

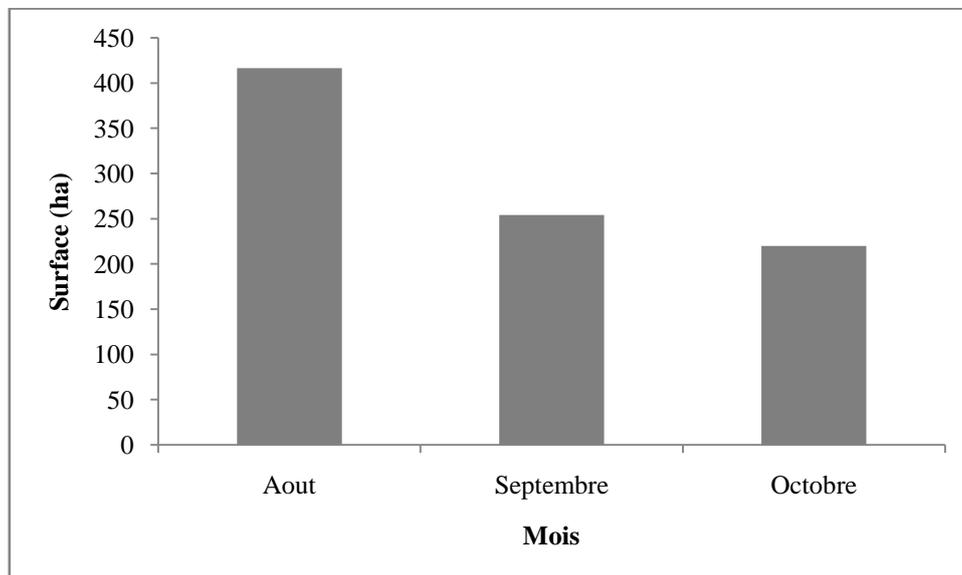


**Figure 5.5** : Répartition de la surface cumulée par mois en Kabylie maritime

La surface cumulée du mois d'août représente 69,9 % de la surface totale incendiée par les grands feux.

La surface moyenne pour les 36 grands incendies est de 339,5 ha. La surface moyenne pour les grands incendies du mois d'août est de 406,9 ha, elle est de 254 ha pour le mois de septembre et de 220 ha pour le mois d'octobre (figure 5.6).

La surface moyenne des grands incendies qui se sont déclarés au mois d'août est largement supérieure à la moyenne de tous les incendies de la période considérée. Ceci est un indice de la prévalence de l'aspect météorologique dans l'apparition des grands incendies en cette période précise de l'année, car le mois d'août est le mois le plus chaud, le plus sec et le plus déficitaire (déficit hydrique) de la période considérée.



**Figure 5.6 :** Répartition de la surface moyenne incendiée

L'année 1994 est une année catastrophique sur le plan feu de forêt en Algérie. En effet, c'est plus de 270 000 ha de surface végétale qui sont partis en fumée, c'est un record jamais égalé depuis l'existence des statistiques en Algérie. Comme le montre la figure 5.7, la surface détruite en 1994 par les grands feux en Kabylie maritime dépasse les 7000 ha, ce qui représente 2,6 % de la surface totale incendiée au niveau national durant la même année. Ceci montre l'ampleur des dégâts au niveau de cette localité, pourtant elle ne représente qu'une infime partie du territoire algérien.

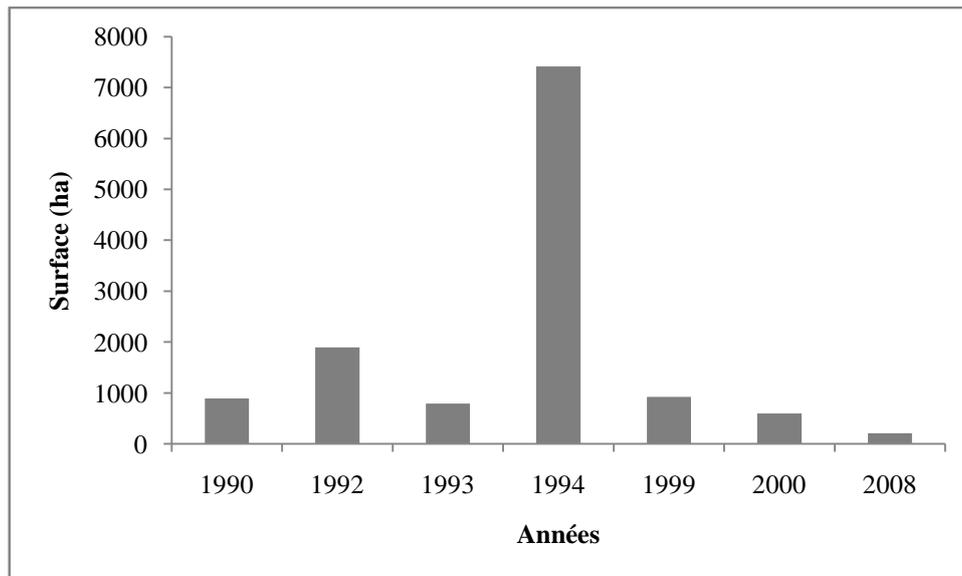


Figure 5.7 : Répartition de la surface cumulée par année

La figure 5.8 montre la localisation de quelques incendies qui font l'objet de la présente étude. La majorité de ces grands feux ont lieu à Iflissen et à Azeffoun. Curieusement, aucun grand incendie n'est à signaler du côté de la vaste forêt de Mizrana.

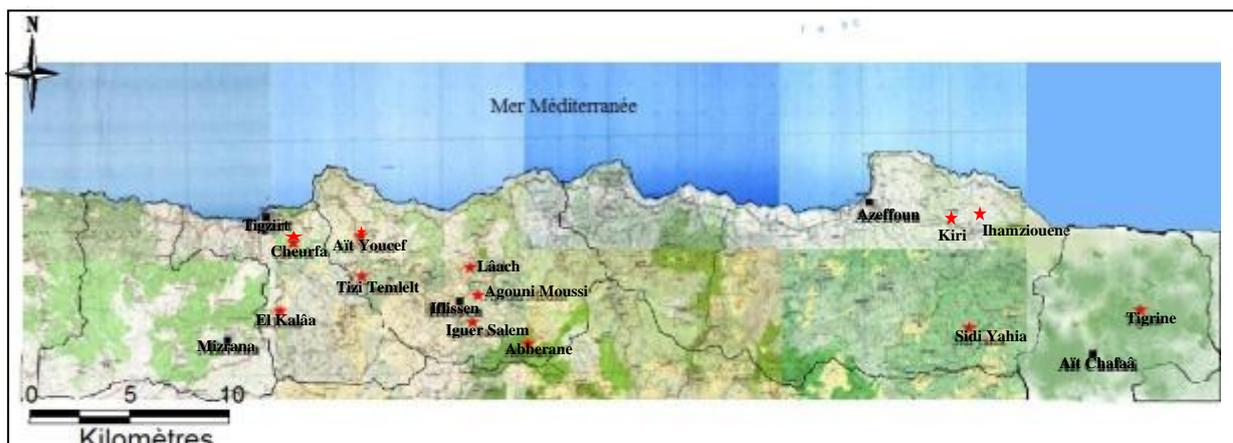


Figure 5.8 : Localisation des grands incendies sélectionnés pour l'étude

#### 5.4.2 Méthodes d'estimation du risque d'incendie de forêt

L'importance des facteurs météorologiques dans l'avènement et le développement des incendies n'est plus à démontrer, mais la capacité d'anticipation sur l'impact de ces derniers sur le scénario final d'un feu reste une piste de recherche privilégiée par les spécialistes de la question. Par conséquent, plusieurs méthodes d'estimation du risque d'incendie de forêt, basées essentiellement sur les paramètres météorologiques ont été élaborées. Certaines des méthodes pionnières développées (TURNER et *al.*, 1961 ; MC ARTHUR, 1977) reposent en

partie, sur une base théorique et sont basées sur des approches empiriques et ne s'appliquent que sur certaines zones géographiques (VIEGAS *et al.*, 1994).

➤ **Dans le monde**

Plusieurs méthodes sont proposées de par le monde pour l'estimation de l'aléa incendie de forêt. Les plus utilisés sont le modèle canadien, le modèle américain, le modèle australien et le modèle russe. En réalité, il existe une variété de méthodes de calcul de l'aléa, élaborées et développées par différents auteurs en vue de l'application universelle de certaines d'entre elles.

Les méthodes proposées ont une application plus ou moins large, car beaucoup de pays ont développé leurs propres méthodes d'estimation de l'aléa feu de forêt. En effet, il est rare de rencontrer une application du modèle russe pour la méditerranée, par exemple, mais en revanche le modèle canadien est de plus en plus présent en méditerranée, alors que ce modèle s'applique dans des régions à climat froid comme l'Alaska.

Le système canadien (CFFDRS<sup>16</sup>) inclut les deux sous-systèmes : FWI<sup>17</sup> d'estimation du risque de départ de feu et le FBP<sup>18</sup> de prédiction du comportement du feu (STOCKS *et al.*, 1987 *in* GRISHIN *et al.*, 2011).

Le sous-système FWI est basé sur six composantes standards : l'état hydrique du combustible fin, l'humidité de l'air, le niveau de sécheresse, l'indice de propagation initiale, l'indice de combustible et l'indice forêt-météo. Tandis que le sous-système FBP se base sur la topographie et l'évaluation quantitative des réserves du fuel végétal (VF) disponible et disposé à la combustion.

Ce système est aussi construit à base de l'analyse d'un grand nombre de données statistiques utilisées pour réaliser des tableaux des différents facteurs dont est tributaire le risque feu de forêt (VOLOKITINA *et al.*, 2002 *in* GRISHIN *et al.*, 2011).

Le système CFFDRS est l'un des systèmes les plus affutés qui combinent paramètres météorologiques, fuel et topographie pour l'estimation du risque d'incendie de forêt. Il a été adopté par plusieurs pays comme la Nouvelle Zélande, les îles Fiji, le Mexique et certains pays européens et asiatiques.

Inspirés du modèle de propagation de ROTHERMEL (1972), il existe actuellement une vingtaine de modèles d'estimation de l'aléa dans le système NFDRS<sup>19</sup> et une dizaine de

---

<sup>16</sup> Canadian Forest Fire Danger Rating System

<sup>17</sup> Fire Weather Index

<sup>18</sup> Fire Behavior Prediction

<sup>19</sup> National Fire Danger Rating System

méthodes de prédiction du comportement du feu dans le système américain BEHAVE<sup>20</sup> (ANDREWS *et al.*, 1989 *in* GRISHIN *et al.*, 2011). Le système a été testé avec succès un peu partout en Amérique. C'est un modèle abstrait de l'impact des différents facteurs, des conditions de l'ignition et du processus de diffusion. De nos jours, aux USA c'est le système NEXUS qui est le plus utilisé, ce qui est une version améliorée de BEHAVE avec des manipulations simples d'utilisation.

Les méthodes canadienne et américaine sont similaires dans leurs structures, leurs approches et leurs principes de construction de l'indice de risque (aléa) feu de forêt.

Le principal inconvénient est l'impossibilité d'utiliser ces méthodes dans d'autres pays sans procéder à un grand travail préliminaire pour définir des ensembles de coefficients empiriques et l'absence de signification physique de certaines constantes qui limitent la plage de variation des paramètres d'entrée et l'application de ces méthodes à d'autres conditions initiales (GRISHIN *et al.*, 2011).

En Australie, c'est le système d'évaluation d'incendies de forêts basé sur l'indice de Mc ARTHUR qui était le plus utilisé. Le système australien est simple d'utilisation avec une estimation des paramètres de propagation du feu, mais actuellement c'est le système NFBP<sup>21</sup> qui est utilisé en Australie (CRUZ, 2009 *in* GRISHIN *et al.*, 2011).

En Russie, l'indice le plus utilisé pour la prédiction de l'aléa incendie de forêt est celui de NESTEROV. Cet indice utilise les données météorologiques des stations régionales russes pour déterminer un niveau de risque de départ de feu, il est défini par la température de l'air et le point de rosée qui sont mesurés entre 13 et 15 heures de l'après midi de chaque journée de la saison à risque d'incendie en tenant compte d'un coefficient de précipitation.

Néanmoins, cet indice ne prend pas en compte les réels paramètres physiques impliqués dans l'aléa feu de forêt, comme le vent et l'effet radiatif, le transfert de chaleur dans la couche du combustible végétal et le processus d'évaporation et de condensation d'eau. L'autre inconvénient de cet indice est la difficulté de l'appliquer à des échelles plus larges, car il nécessite un important réseau de stations météorologiques qui ne sont pas nécessairement disponibles partout.

Tous les systèmes de prédiction de risque d'incendie de forêt se heurtent au problème d'une application universelle sans faire appel à une adaptation et à un travail préliminaire très consistant (GRISHIN *et al.*, 2011).

---

<sup>20</sup> Fire Behavior Prediction and Fuel Modeling

<sup>21</sup> National Fire Behavior Prediction

### ➤ **En Europe**

En Europe, il n'existe pas une approche uniforme d'évaluation de risque, mais plusieurs méthodes ont été développées dans les différents pays méditerranéens.

En effet, plusieurs méthodes d'estimation du risque de feu de forêt ont été mises au point, puis expérimentées. En général, l'estimation du risque se base sur le calcul des valeurs des indices des composantes de l'aléa et de la vulnérabilité qui, au final, donnent une idée précise sur la probabilité d'avoir un départ et une propagation du feu et aide, notamment, à la définition des lieux susceptibles d'émettre et de diffuser des incendies.

Les incendies se rencontrent partout en Europe, mais particulièrement dans les pays du Sud et du Sud-Ouest, c'est-à-dire les pays de la rive nord de la Méditerranée : Portugal, Espagne, France, Italie, Grèce, Slovénie et les pays de l'ex-Yougoslavie, mais les proportions diffèrent d'un pays à autre.

Selon GALTIE (2006), la plupart des pays européens ont développé des indices spécifiques d'estimation du risque d'incendie de forêt.

Il existe des indices simples développés uniquement sur la base de l'inflammabilité et de la combustibilité de la végétation (CEMAGREF, ALEXANDRIAN, 1982), des indices basés exclusivement sur les paramètres météorologiques qui permettent de situer le niveau de risque météo (indice ORIEUX, 1979; indice CARREGA, 1985, 1987, 1990), des indices développés sur la base de paramètres d'ignition qui combinent conditions météorologiques et indice de propagation du feu en fonction du combustible (ICONA, 1988 ; DROUET et SOL, 1993), mais aussi des indices plus complexes qui regroupent les paramètres météorologiques, topographiques et socio-économiques (CHUVIECO et *al.*, 1994).

**Tableau 5.2:** Différents indices de risque météorologique (www.eufirelab.com)

Purpose	Indices	Label	Country	References
Fire spread	IMPI	Indice Meteorologico di Previsione per Incende	Italy	PALMIERI and COZZI 1983 PALMIERI et al. 1992-1993
	ISI	Initial Spread Index	Canada	VAN WAGNER 1987
	GFDM	Global Fire Danger Meters	Australia	NOBLE et al. 1980
Fine litter Flammability	FMM	Fuel Moisture Model	Australia	MACARTHUR 1967
	EMC	Equilibrium Moisture Content	Canada	SIMARD 1968
	FFMC	Fine Fuel Moisture Code	Canada	VAN WAGNER 1987
	NFDRS 1h	National Danger Rating System One-hour time lag fuel moisture	USA	DEEMING et al. 1977
	BEHAVE	BEHAVE fine fuel moisture model	USA	ROTHERMEL et al. 1986 ANDREWS and CHASE 1990
	Thick litter and biomass flammability	NFDRS 10-100h	National Fire Danger Rating System 10-100h time lag fuel moisture	USA
NFDRS 1000h		National Fire Danger Rating System 10-100h time lag fuel moisture	USA	FOSBERG et al. 1981
KBDC et KBDI		Keetch-Byram Drought Code et Keetch-Byram Dryness Index	USA	KEETCH and BYRAM 1968 revised from 1988
DMC		Drought Moisture Code	Canada	VAN WAGNER 1987
DC		Duff Code	Canada	VAN WAGNER 1987
Selection of day with extreme fire risk	FWI	Fire Weather Index	Canada	VAN WAGNER 1987
	BUI	Build Up Index	Canada	VAN WAGNER
	Orieux Index	Orieux Index	France	ORIEUX 1979
	Risque numérique	Risque numérique	France	DROUET and SOL 1993
	I <sup>87</sup>	Carrega Index	France	CARREGA 1990
	ICONA	ICONA method, probability of ignition	Spain	ICONA, 1988 et 1993
	Irepi Index	Irepi Index	Italy	BOVIO et al. 1984
	Portuguese Index	Portuguese Index	Portugal	INMG 1988, GONCALVES and LOURENCO 1990
	FFFI	Finnish Forest Fire Index	Finland	HEIKINHEIMO et al. 1990
	IFM	Forest Weather Index	Canada	1976

### 5.4.3 Échelles de risques

Dans le cas d'étude du risque d'incendie de forêt, l'estimation de l'aléa, qui représente la probabilité d'un départ de feu, est une étape importante dans l'évaluation du risque.

Ici l'aléa représente, en réalité, un départ de feu avec ou sans succès et c'est son impact sur l'homme et ses aménagements qui traduit la vulnérabilité, par conséquent le risque.

Cependant, deux échelles de risque ont été identifiées : à court terme et à long terme.

#### ➤ Indice de risque à court terme

La formulation de cet indice varie d'un pays à un autre et se base essentiellement sur des variables dynamiques telles que les paramètres météorologiques et l'état hydrique du combustible (teneur en humidité). Vu l'information fournie en temps réel par ces indices, ils forment actuellement une base de données incontournable de la plupart des services de la

gestion opérationnelle des incendies à travers le monde (CAMIA *et al.*, 1999 *in* MARZANO *et al.*, 2006). Il existe, donc, des indices météorologiques, des indices de stress hydrique de la végétation et les indices hyper-spectraux (télédétection). Ce mode de calcul du risque est aussi appelé le modèle dynamique, c'est le modèle préféré, car il apporte une fiabilité à la prédiction des incendies à l'échelle de la journée (GRISHIN *et al.*, 2011).

➤ **Indice de risque à long terme**

L'estimation de l'indice de risque à long terme implique l'utilisation de variables liées à l'éclosion et à la propagation des incendies, qui présentent des valeurs relativement stables ou très peu variables sur une assez longue période, entre autres, les paramètres liés au relief et à la végétation, comme la topographie et le type de végétation combustible.

Plusieurs approches sont utilisées pour estimer l'indice de risque à long terme, il s'agit de l'approche statistique, l'approche de simulation et la combinaison (MARZANO *et al.*, 2006).

### **5.5 Étude des grands incendies en Kabylie maritime**

L'analyse des données des températures et des précipitations constitue un préalable pour connaître la tendance générale du climat à l'échelle annuelle et à l'échelle saisonnière des années concernées par l'étude. L'ambiance climatique globale peut donner un aperçu sur ce que peuvent être les conditions météorologiques à l'échelle de la décade pour les mois (ici août, septembre et octobre) qui ont connu ces grands incendies.

Les données mensuelles et pluriannuelles des températures et des précipitations ont été mises à notre disposition par les services de l'office national de la météo de Dar El Beida (anciennement Maison Blanche) et les données quotidiennes qui concernent les journées des grands feux sont fournies par la station météorologique de Boukhalfa (188 mètres d'altitude). Cette station est située à une vingtaine de kilomètres de la zone à grands feux.

Vu l'éloignement de cette station de la zone des feux et les barrières orographiques existantes, les données du vent enregistrées peuvent ne pas refléter les conditions réelles des sites qui sont frappés par ces incendies.

L'analyse préliminaire des données disponibles montre que les grands incendies surviennent exclusivement, en Kabylie maritime, à partir de la fin de la première décade du mois d'août jusqu'à la deuxième décade du mois d'octobre qui correspond à la phase transitive été-automne.

De ce fait, le processus de l'assèchement progressif de la végétation qui s'étale sur 4 à 5 mois ne peut être étranger à l'apparition des grands feux. Ce dernier commence au niveau de la

litière et de la strate herbacée en début d'été avec la quasi-absence des précipitations et l'augmentation des températures, mais surtout la faiblesse du contenu de cette couche en eau tissulaire. La strate herbacée prend rapidement des couleurs et cède à la chaleur, ce qui signifie, la disponibilité d'une couche végétale à brûler.

Le phénomène touche en même temps les autres couches les plus épaisses comme les arbustes et les arbres, mais ces derniers résistent mieux à la sécheresse à cause notamment de leur potentiel d'adaptation physiologique et de leur système racinaire bien développé.

Mais le processus d'assèchement, est tellement long et bien étalé dans le temps que les quantités d'eau emmagasinées au niveau des tissus deviennent plus faibles à la fin de l'été, sans que la réserve d'eau du sol ne soit encore reconstituée.

Donc, l'analyse des courbes des précipitations et des températures en comparaison avec les valeurs moyennes annuelles, peut renseigner sur la particularité ou non des années où de grands incendies ont été observés et mettre en évidence un éventuel lien entre l'apparition des grands feux et les conditions climatiques globales.

Il est aussi impératif d'effectuer la reconstitution des événements en l'occurrence le déroulement de ces incendies et l'évolution horaire des conditions météorologiques d'avant et pendant l'évènement et l'estimation de l'évolution du risque en s'appuyant sur le calcul de deux indices de risque météorologique à court terme, à savoir l'I<sup>87</sup> (CARREGA,1987 ; 1990) et l'IFM (Indice Forêt-Météo) et un troisième indice simple qui permet d'évaluer la teneur en eau de la couche fine du combustible mort à savoir FMI (SHARPLES, 2009). Ces indices permettent de suivre en temps réel l'évolution du risque d'incendie de forêt, afin d'établir les correspondances entre les moments importants de ces incendies (départ, évolution et extinction) et les conditions météorologiques.

L'I<sup>87</sup> a été mis au point pour estimer le risque d'incendies de forêts dans la région des Alpes Maritimes, mais qui s'est avéré performant pour la France méditerranéenne. En dépit de la diversité des indices de risque météorologique des incendies de forêts, nous avons choisi cet indice pour sa simplicité et sa facilité d'application à l'échelle horaire, mais aussi pour l'élargissement de son champ d'application (région méditerranéenne).

L'indice forêt-météo est initialement mis au point pour une application au Canada, mais il s'est avéré que cet indice est également assez performant pour d'autres régions du monde. Il est utilisé en France pour le compte de la sécurité civile et par la commission européenne (Rapport Ministère, 2010). Une étude comparative de la performance de plusieurs indices de risque a été réalisée par ARPACI et *al.*, (2013) en Autriche pour la saison de l'été, avec un

effectif de 942 feux répartis sur 26 stations météorologiques, a montré que l'I87 et le FMI sont parmi les indices les plus performants. HOLSTEN et *al.*, (2013) ont constaté que l'humidité relative est un bon indicateur de risque météorologique d'incendie de forêt en Allemagne et dans certains cas, un modèle plus simpliste peut être très efficace, même en concurrence avec des modèles très complexes (ARPACI et *al.*, 2013).

Nous allons faire usage de ces trois indices pour reconstituer l'évolution du risque météorologique dans la période qui correspond à la présence de certains grands feux qui ont eu lieu en Kabylie maritime.

### 5.5.1 Estimation du risque météorologique d'incendies de forêts en Kabylie maritime à court terme

#### ➤ Méthode CARREGA (I<sup>87</sup>)

La méthode CARREGA consiste en le calcul de l'indice I<sup>87</sup> qui se base essentiellement sur des paramètres climatiques à savoir la température et l'humidité relative de l'air, la vitesse du vent, mais il prend aussi en considération la variation de la réserve d'eau du sol (BOVIO et *al.*, 1994).

Son calcul fait appel à la formule de Penman pour l'estimation de l'ETP et de la réserve utile d'eau du sol.

La formule I87 s'écrit comme suit :

$$I^{87} = (T * V) / (r_p^{0.5} * r_{sup} * H) * 200$$

r = État de la réserve profonde d'eau du sol en mm

Hn = Humidité relative minimale

Vb = Vitesse moyenne en force Beaufort

r<sub>sup</sub> : réserve superficielle (saturée à 10 mm)

T : température de l'air en °C

**Exemple** : Boukhalfa, le 26/09/1992 à 06h00.

T = 26°C, H= 31%, V = 1 m/s,

rp = R × exp (-ETPc/R), R = 150 mm,

ETPc = 132 mm

r = 8,2 mm (tableau 5.6).

Log<sub>10</sub>r<sub>sup</sub> = (15-ETPc)/15

r<sub>sup</sub> = 1,58

**I<sup>87</sup> = (26 \* 1) / (8,2<sup>0.5</sup> \* 1.58 \* 31) \* 200 = 37**

L'I<sup>87</sup> est une amélioration de l'indice I<sup>85-90</sup> (CARREGA, 1992) et qui a un comportement semblable à celui de l'IFM notamment pendant les moments les plus dangereux.

$I^{85-90} = (500 - I^{85}) / 25$  où  $I^{85} = ((r^{0.5} * Hn) / Vb) * C$  (C : coefficient lié à la végétation, il est normalement fixé à 1 mais il peut descendre à 0,8 pour la végétation particulièrement inflammable).

L'utilisation de ces deux indices (IFM et I<sup>87</sup>) en même temps permet de suivre l'évolution du risque d'incendie à l'échelle de la journée et de comparer leurs comportements respectifs.

Étant bien corrélé avec le nombre d'incendies et les surfaces brûlées dans les Alpes Maritimes, l'indice ( $I^{87}$ ) peut nous indiquer la gravité des conditions météorologiques en rapport avec les grands incendies de la Kabylie maritime (1990-2010).

**Tableau 5.3:** Valeur de l'indice CARREGA et classes de risque

Valeur de l'indice ( $I^{85-90}$ )	Classe de risque
< 8	Risque faible
8-14	Risque moyen
14-18	Risque sévère
18-20	Risque très sévère

La forme linéaire s'écrit comme suit :  $I^{87} = 4 \log_{10} (I^{87}) + 8$ . Cette forme permet de comparer les deux indices  $I^{87}$  et  $I^{85-90}$ .

Exemple :  $I^{87} = 100 \Rightarrow I^{87} \text{ (linéaire)} = 4 \log_{10} (100) + 8 = 16$ .

Pour estimer la réserve d'eau du sol (r) nécessaire au calcul de l'indice  $I^{87}$ , il y a lieu de réaliser un bilan hydrique à partir des données des précipitations et de l'ETP.

L'ETP peut être calculée selon plusieurs méthodes (Turc, Thornthwaite, Penman, Chloere..).

Deux méthodes couramment utilisées sont détaillées ci-après :

a) Méthode de Penman

**ETP**

$$= \frac{[Iga (1 - a) \left(0.18 + 0.62 \frac{h}{H}\right) - \partial (T^2 * T^2) (0.56 - 0.08\sqrt{e}) \left(0.10 + 0.90 \frac{h}{H}\right)]}{59}$$

$$\times \frac{\frac{F'T}{\gamma}}{1 + \frac{F'T}{\gamma}} + 0. \frac{26}{1 + \frac{F'T}{\gamma}} (ew - e) (1 + 0.4 V)$$

$\partial$  : constante de Stefan-Boltzmann =  $1,18 \cdot 10^{-7}$  cal/cm<sup>2</sup>/jour/°K

T : température de l'air en degrés Kelvin

h : durée réelle d'insolation (heures et dixièmes), obtenu à l'aide d'une calculatrice astronomique

H : durée maximale possible d'insolation

e : tension de la vapeur d'eau

$e_w$  : tension maximale de la vapeur d'eau pour la température T

V : vitesse moyenne du vent en m/s (à + 10 m)

$\gamma$  : constante psychrométrique.  $\approx 0,65$  pour 1015 mb

$a$  : albédo de la surface évaporante ( $\approx 0,20$ )

$F' T$  = pente de la courbe des tensions de vapeur d'eau saturante pour la température de l'air  $T$

### b) Méthode de Thornthwaite

L'évapotranspiration potentielle (ETP) est calculée selon la loi :

$$ETP = 16 \left(10 \frac{T}{I}\right)^a \times F(\lambda)$$

$T$  : température moyenne mensuelle

$$I = \sum_{12} i$$

$i$  : indice thermique mensuel calculé ou donné dans la table 1 (Arléry-Garnier, Langlois, 1954)

$$i = \left(\frac{t}{5}\right)^{1.514}$$

$$a = 6.75 \times 10^{-7} \times I^3 - 7.71 \times 10^{-5} \times I^2 + 1.79 \times 10^{-2} \times I + 0.49$$

$F(\lambda)$  = coefficient de correction donné en fonction de la latitude et de la saison par la table 2 (Arléry-Garnier, Langlois, 1954).

- Bilan hydrique

$$P = ETR + RU$$

où

$RU = R \times \exp(-ETP_c / R)$ , réserve d'eau du sol utile pour les plantes.

La réserve utile représente le volume d'eau contenu dans l'horizon superficiel du sol à un instant  $t$ . Elle s'appelle également la réserve utile (RU) ou la fraction de la réserve d'eau utilisable par les plantes.

$R$  = réserve d'eau du sol maximale

$ETP_c$  = ETP quotidienne cumulée

$$\text{Log}_{10} RU = (752 - ETP_c) / 345,57$$

$ETR$  =  $ETP \times (RU/R)$  sur un très court laps de temps

$$ETR_{J+1} = RU_J - RU_{J+1}$$

$ETR$  = Évapotranspiration réelle

$ETP$  = Évapotranspiration potentielle

### -Calcul de la réserve profonde d'eau du sol

La réserve profonde du sol, qu'on va appeler  $r$ , est un paramètre qui doit être considéré comme une sorte d'indice de la teneur potentielle en eau de la végétation.

La réserve d'eau  $r$  dépend de l'évapotranspiration potentielle ETP pour son épuisement et des précipitations pour sa reconstitution (CARREGA, 1994).

La réserve se vide progressivement selon la loi générale :  $r = R \times \exp(-ETP_c/R)$ , où :

- $r$  : réserve d'eau recherchée ;

- $R$  : réserve maximale d'eau du sol ( $R$  est fixée à 150 mm)

- $ETP_c$  : évapotranspiration potentielle de la période considérée, cumulée avec celle de la période antérieure si  $r$  antérieure était inférieure à  $R$ .

Selon ORIEUX et *al.*, (1964) in CARREGA (1994), pour une réserve saturée  $R = 150$  mm, elle se vide selon la loi :  $\log_{10} r = (752-ETP_c) / 345,57$ . Pour le cas de la Kabylie maritime, la période juillet-août se caractérise par une absence quasi-totale des précipitations. Ceci implique que la réserve d'eau du sol s'alimente peu ou pas du tout. Ceci représente un cadre idéal pour l'application de la loi  $ETR=ETP \times r/R$ ,

Déficit hydrique :  $ETP-ETR$

Déficit hydrologique :  $ETP-P$  (CARREGA, 1994).

➤ **Indice de la teneur en humidité de la couche fine de combustible mort *FMI (Fuel Moisture Index)***

Cet indice est simple de calcul et d'utilisation, il a été mis au point par SHARPLES et *al.*, en 2009 pour évaluer le risque d'incendie en se basant uniquement sur la teneur en eau de la végétation morte. Sa formule s'écrit comme suit :  $FMI = 10 - 0,25 * (T-H)$ .

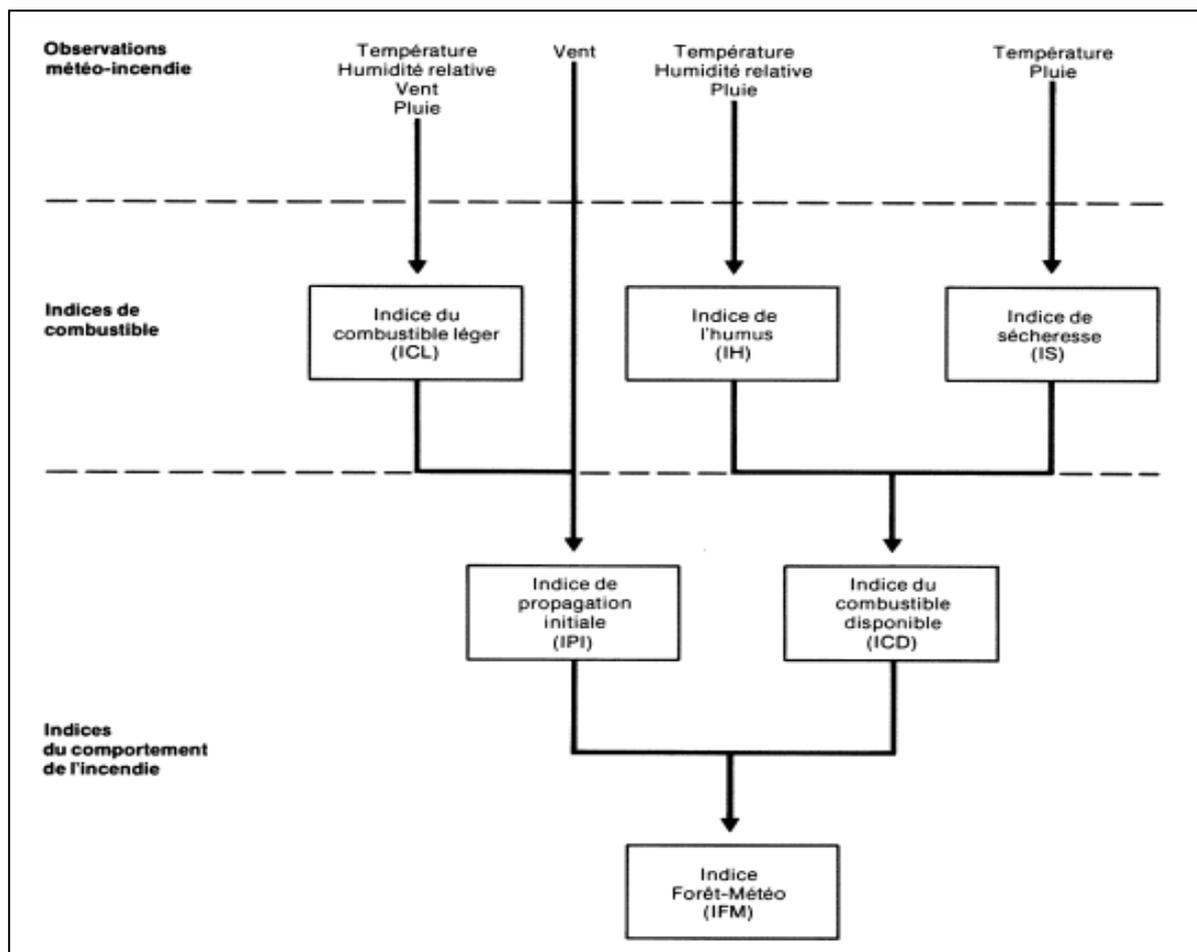
$T$  = température en ° C

$H$  = humidité relative en %

➤ **Méthode indice Forêt-Météo**

L'IFM se base uniquement sur les paramètres météorologiques. Il peut être calculé toutes les heures de la journée ou sur plusieurs journées grâce, notamment, aux prévisions de la météo.

Pour calculer l'IFM, il est nécessaire de calculer 5 indices qui sont : indice de combustibilité léger (I.C.L), indice de l'humus (I.H), indice de sécheresse (I.S), indice de propagation initiale (I.P.I) et indice de combustible disponible (I.C.D). Les trois premiers indices ci-énumérés renseignent sur les variations quotidiennes de la teneur en eau de trois types de combustibles forestiers n'ayant pas la même vitesse de dessèchement.



**Figure 5.9:** Structure de l'indice forêt-météo de la méthode canadienne (<http://cfs.nrcan.gc.ca/>)

Les deux autres indices indiquent le comportement du feu après le départ initial, c'est-à-dire la vitesse de propagation et la quantité de combustible susceptible de brûler. La combinaison de ces 5 indices donne l'indice IFM final.

Les différentes composantes de l'indice sont présentées dans le tableau ci-après :

**Tableau 5.4:** Composantes de l'Indice Forêt-Météo

	TEMP		RH	VENT		PLUIE	ICL		IH		IS		IPI	ICD	IFM		
	(°C)	(°C)	(%)		(km/h)	(mm)	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
<b>Jour</b>	Thermomètre sec	Thermomètre mouillé	Humidité relative	Direction	Vitesse	24 Heures	Code pluie	Indice du combustible léger	Code pluie	Facteur de dessèchement	Indice de l'humus	Code pluie	Facteur de dessèchement	Indice de sécheresse	Indice de propagation initiale	Indice du combustible disponible	Indice forêt météo

Le risque d'incendie varie en fonction de la variation de la valeur de l'indice IFM. Six classes de danger ont été définies :

[0-1] => risque très bas

[2-4] => risque bas

[5-8] => risque modéré

[9-16] => risque élevé

[17-29] => risque très élevé

>30 risque extrême

*Le calcul de l'IFM se fait à partir de la mesure journalière, à une station météorologique convenable, de la température, de l'humidité relative de l'air, de la vitesse du vent et des précipitations des 24 dernières heures (Service canadien des forêts, 1984).*

Selon les valeurs mesurées de l'humidité, de la température, du vent et de la pluie, les indices (I.C.L), (I.H), (I.S), (I.P.I) et (ICD) sont déterminés à partir de plusieurs tables conçues à cet effet (voir annexe 26) ou à l'aide d'un ordinateur. La variation de la valeur de ces indices dépend énormément de la quantité de pluie tombée la veille de chaque journée. C'est pourquoi le calcul doit être fait tous les jours sans aucune lacune. Le manque d'une journée au calcul impacte les résultats des journées qui suivent.

Si la pluie est inférieure à 2,9 mm le Code de pluie de la journée reste égal à l'IS de la veille, si la pluie est inférieure à 1,5 mm, le Code de la pluie de la journée est égal à l'IH de la veille et si la pluie est inférieure à 0,6 mm, on utilise le Code de la pluie de la journée.

Dans cette étude, nous allons remplacer les données journalières par des données enregistrées toutes les heures ou toutes les trois heures. Ceci consiste, donc, à suivre l'évolution du risque de feu de forêt à une échelle plus fine et à temps réel.

La méthode de calcul repose sur des équations qui ne peuvent être résolues de façon pratique sans l'utilisation de l'outil informatique. « *Il est impossible de produire une série de tables qui fourniraient tout le temps des résultats qui correspondent exactement avec les résultats obtenus par ordinateur* » (Service canadien des forêts, 1987). C'est pour cela que nous préférons l'utilisation de l'ordinateur dans le calcul de l'IFM, car beaucoup d'erreurs seront ainsi évitées et un précieux gain de temps sera permis.

**-Exemple de calcul de l'IFM en utilisant les tables** (Station de Boukhalfa, le 26/09/1992 à 06h00)

En absence de pluie, on passe directement aux tables qui permettent, à partir des températures, de la vitesse du vent et de l'humidité relative, de déterminer les valeurs respectives des indices suivants : ICL, IH et IS (voir annexe 26).

Pour les régions où il y a peu de neige, le calcul doit commencer le troisième jour consécutif où la température de midi atteint 12 °C ou plus (Service canadien des forêts, 1984). Par conséquent, les valeurs initiales sont les suivantes : ICL = 85, IH = 6 et IS = 15.

Cependant, dans cet exemple, le calcul débute en fin d'été, ce qui ne permet pas normalement l'utilisation des valeurs initiales d'ICL, d'IH et d'IS, mais compte tenu de l'absence des données météorologiques journalières qui permettent le calcul de l'IFM depuis Mars ou Avril, nous n'avons d'autres choix que d'utiliser ces valeurs initiales pour calculer l'IFM à un moment précis de la journée, car il s'agit de préciser comment est calculé l'IFM, que ce soit à l'échelle journalière ou horaire.

Pour les valeurs suivantes :

-Température au thermomètre sec = 26 ° C (pour une élévation de 188 m, la température au thermomètre mouillée n'est pas mesurée mais déduite de la table, elle est égale à 15,5 °C.

-Humidité relative = 31 %

-Vitesse du vent = 0 km/h

ICL initial = 85 → ICL (T: 25, 5°- 30 °C, H: 29-38 %, V: 0-3 k/h) = **90**.

IH initial = 6 → Facteur de dessèchement (T: 25, 5°- 30 °C, H: 29-38 %, mois de septembre) = 3 → IH = IH initial + Facteur de dessèchement = 6+3 = 9

IS initial = 15 → Facteur de dessèchement (T: 25, 5°- 30 °C, H: 29-38 %, mois de septembre) = 6 → IS = IS initial + Facteur de dessèchement = 15 +6 = 21

IPI (vent et ICL) = 4

ICD (IH et IS) = 10

---

IFM (IPI et ICD) = 4

Les valeurs des indices sont déterminées à partir des tables de l'annexe 26.

**-Exemple de calcul en utilisant l'ordinateur** (Station de Boukhalfa, le 26/09/1992 entre 06h00 et 14h00)

Pour calculer l'IFM nous allons utiliser une formule automatisée sur Excel, proposée par Jacques DesRoches (<http://weatherbyyou.com/>). Le fichier Excel est obtenu sur internet en suivant le lien :

([http://meteocentre.com/forums/index.php?app=core&module=attach&section=attach&attach\\_id=12905](http://meteocentre.com/forums/index.php?app=core&module=attach&section=attach&attach_id=12905))

L'utilisation de l'ordinateur permet une meilleure précision dans les calculs et donc une meilleure qualité des résultats (tableau 5.5).

**Tableau 5.5** : Exemple de calcul de l'IFM par ordinateur

Date	Year		Station		Location		Elevation		Observer								
26/09	1992		Boukhalfa		188 m												
Hour	TEMP		RH	WIND	RAIN	FFMC		DMC		DC		ISI	BUI	FWI			
	(°C)	(°C)	(%)	(km/h)	(mm)	1	2	3	4	5	6	7	8	9			
	Dry Bulb	Wet Bulb	Relative Humidity	Direction	Speed	24 Hours	Rain Code	Fine Fuel Moisture Code	Rain Code	Drying Factor	Duff Moisture Code	Rain Code	Drying Factor	Drought Code	Initial Spread Index	Buildup Index	Fire Weather Index
06/14								88			29			202			
6	26		31		0	0	0	91	29	3	32	202	6	208	5	46	13
7	24,5		40		0	0	0	90	32	2	34	208	8	216	4	50	11
8	24,9		39		0	0	0	90	34	2	36	216	8	224	4	50	11
9	28,9		28		0	0	0	91	36	3	39	224	8	232	5	54	14
10	32,9		18		25	0	0	94	39	5	44	232	9	241	27	61	48
11	33,1		18		29	0	0	95	44	5	49	241	9	250	37	67	60
12	33,5		21		18	0	0	96	49	5	54	250	9	259	25	71	49
13	36,3		15		36	0	0	97	54	6	60	259	9	268	70	75	90
14	34,6		16		22	0	0	97	60	5	65	268	9	277	34	81	62

A 06h00, IFM = 13 au lieu de 4 comme trouvé en utilisant la table, ce qui est logique car les valeurs des différents indices ne sont pas connues pour les heures précédentes.

A 14h00: ICL = 97, IH = 65, IS = 277, IPI = 34, ICD = 81 → IFM = 62. Ce résultat est basé sur les valeurs ponctuelles de température, d'humidité, du vent et des précipitations, mais tient compte au départ des valeurs respectives de l'ICL, de l'IH et de l'IS qui sont données automatiquement par l'ordinateur, quelque soit le moment choisi pour le calcul.

En comparaison, voici un exemple de calcul de l'IFM en utilisant les tables. Ce calcul a été fait par le service canadien des forêts.

**-Exemple de calcul de l'IFM à l'échelle mensuelle en utilisant les tables (Service canadien des forêts, 1984)**

**Rapport mensuel de météo-incendie**

Mois <b>MAI</b>	Année	Station	Province ou territoire	Élévation m	Observateur
--------------------	-------	---------	------------------------	----------------	-------------

Jour	Température		HR	Vent		Pluie	ICL		IH			IS			IPI	ICD	IFM
	(°C) sec	(°C) mouille	(%)	(km/h)	(mm)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	7	8	9
30/31																	

1	14,5		69		11			85		2	31		5	59	4	32	9
2	15,5		42		8			87		3	34		5	64	4	35	9
3	21		37		8			90		4	38		6	70	6	38	13
4	23		32		16			90		5	43		7	77	10	41	20
5	23		32		14			90		5	48		7	84	9	49	21
6	27		33		12			91		5	53		7	91	9	53	22
7	28		17		27			95		6	59		7	98	34	58	54
8	23,5		54		20			89		2	61		7	105	10	63	24
9	16		50		22	12,2	17	60	28	3	31	89	5	94	1	34	2
10	11,5		58		20			76		2	33		4	98	2	34	4
11	16		54		16			83		2	35		5	103	4	39	10
12	21,5		37		9			89		4	39		6	109	6	41	14
13	14		61		22	0,2	89	87	39	2	41	109	5	114	8	43	18
14	15		30		27			88		3	44		5	119	13	45	25
15	20		23		11			91		4	48		6	125	9	51	21
16	14		95		3	16,4	15	17	21	1	22	94	5	99	0	27	0
17	20		53		4	2,8	8	49	17	2	19	99	6	105	0	27	0
18	19,5		30		16			80		4	23		6	111	2,5	31	6
19	25,5		51		20	6,0	25	75	13	4	17	104	7	111	2	25	4
20	10		38		24			84		1	18		4	115	6	25	10
21	19		27		16			90		4	22		6	121	10	30	17
22	26		46		11	4,2	36	78	15	4	19	120	7	127	1,5	28	3
23	30		38		22			90		5	24		8	135	13	32	22
24	25,5		67		19	12,6	17	67	11	3	14	117	7	124	1,5	22	2
25	12		53		28	11,8	12	50	6	2	8	103	4	107	0,5	14	0
26	21		38		8			81		4	12		6	113	2	19	3
27	13		70		20	3,8	36	62	9	2	11	105	5	110	1	18	1
28	9		78		24	1,4	46	60	11	1	12	110	4	114	1,5	19	2
29	11		54		16			76		2	14		4	118	1,5	21	2
30	15,5		39		9			84		3	17		5	123	3	26	6
31	18		36		5			88		3	20		6	129	4	28	8
Total						71,4											

### 5.5.2 Analyse et reconstitution du risque météorologique

Vu le nombre important d'incendies sélectionnés (36) pour cette étude, nous avons décidé de ne décrire que 4 d'entre eux, il s'agit de l'incendie de Lâach (500 ha), Igoujdhal (500 ha), Tala Bouaden (1000 ha) et Agouni Moussi (720 ha). Ces incendies se sont déclarés respectivement en 1992, 1993, 1994 et 1999. Le but étant de réaliser une analyse rétrospective des conditions climatiques dans lesquelles ces incendies ont eu lieu.

#### ➤ Analyse du risque météorologique de l'incendie de Lâach, du 26/09/1992

*Situation géographique approximative du site :*

$36^{\circ}52'33.53'' N$

$4^{\circ}12'43.48'' E$

*Départ : 11h45*

*Extinction : 18h00*

*Durée : 06h15mn*

La période estivale de l'année 1992, en Kabylie maritime, avait connu plusieurs incendies de différentes tailles, parmi lesquels sept incendies ont parcouru chacun une surface supérieure à 100 ha. Mais le plus impressionnant était celui de Lâach qui est le nom du lieu de l'incendie. En effet, cet incendie a parcouru 500 ha en l'espace de 6 heures et 15 minutes. Nous allons tenter de faire une reconstitution des conditions climatiques qui correspondent à cet événement afin de déterminer les circonstances dans lesquelles s'est déroulé cet incendie et les raisons de sa fugacité.

#### • Bilan hydrique de l'année 1992

Il est important de connaître le contexte climatique de la saison estivale de l'année 1992, afin d'établir un rapport avec l'avènement de ce grand incendie, mais vu l'indisponibilité de certaines données, nous nous contentons du contexte hydrique de l'été 1992.

P : précipitations

ETP : évapotranspiration potentielle

ETR : évapotranspiration réelle (Réserve saturée  $\rightarrow$  ETR = ETP).

RU<sub>i</sub> : réserve utile

$\Delta$ RU<sub>i</sub> : variation de la réserve utile

$RU_i = P - ETR + RU_{i-1}$  ou  $RU_i = R \times \exp(-ETP_c / R)$

R = 150 mm.

ETP<sub>c</sub> = évapotranspiration potentielle cumulée correspondant à la RU<sub>i</sub>, calculée au début et à la fin de chaque période. La moyenne des deux réserves (avant et après pluie) correspond à la réserve moyenne du mois considéré.

Le déficit hydrique = ETP – ETR.

Les données des précipitations sont fournies par la station météorologique de Boukhalfa, l'ETP est calculée selon la méthode de Thornthwaite.

**Tableau 5.6** : Bilan hydrique station météorologique de Boukhalfa, 1992

	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou	Sept	Oct	Nov	Dec	Annuel
<b>P</b>	145	41	94	170	63	33	7	1	7	80	95	195	931
<b>ETP</b>	16	21	31	49	87	107	162	178	132	69	40	23	915
<b>P-ETP</b>	129	20	63	121	-24	-74	-155	-177	-125	11	55	172	16
<b>ETR</b>	16	21	31	49	87	107	59	1	7	58	40	23	499
<b>ΔRU<sub>i</sub></b>					-39,5	-40,2	-39,1	-21,5	-1,5	21,4	29,1	91,3	
<b>RU<sub>i</sub></b>	150	150	150	150	110,5	70,3	31,2	9,7	8,2	29,6	58,7	150	
<b>Excédent</b>	129	20	63	121	0	0	0	0	0	0	0	88	421
<b>Déficit hyd.</b>	0	0	0	0	0	0	103	177	125	11	0	0	416

- **Précipitations**

Globalement, les précipitations étaient abondantes pour l'année 1992, avec 931 mm cumulés au courant de l'année. Cette année là peut être considérée comme assez bonne en termes de précipitations comparée à la valeur moyenne annuelle de la période (1990-2010), qui est de 762 mm. Néanmoins, la quantité de pluie tombée avant le mois de juin représente 55 % des précipitations totales avec, tout de même, 513 mm. Les trois mois de juillet, août et septembre, étaient secs, avec respectivement, 103, 177 et 125 mm de déficit hydrique. La quantité de pluie tombée pendant ces trois mois représente 1,6 % des précipitations totales, ce qui est extrêmement faible.

- **Évapotranspirations**

L'évapotranspiration potentielle entame une nette augmentation à partir du mois de mai avec une valeur de 87 mm et atteint son maximum au mois d'août avec 178 mm. L'évapotranspiration réelle entame une baisse sensible à partir de juillet et atteint sa valeur minimale de 1 mm au mois d'août avant de remonter en septembre et de rebaisser à nouveau en octobre et de continuer cette baisse jusqu'à décembre (figure 5.10).

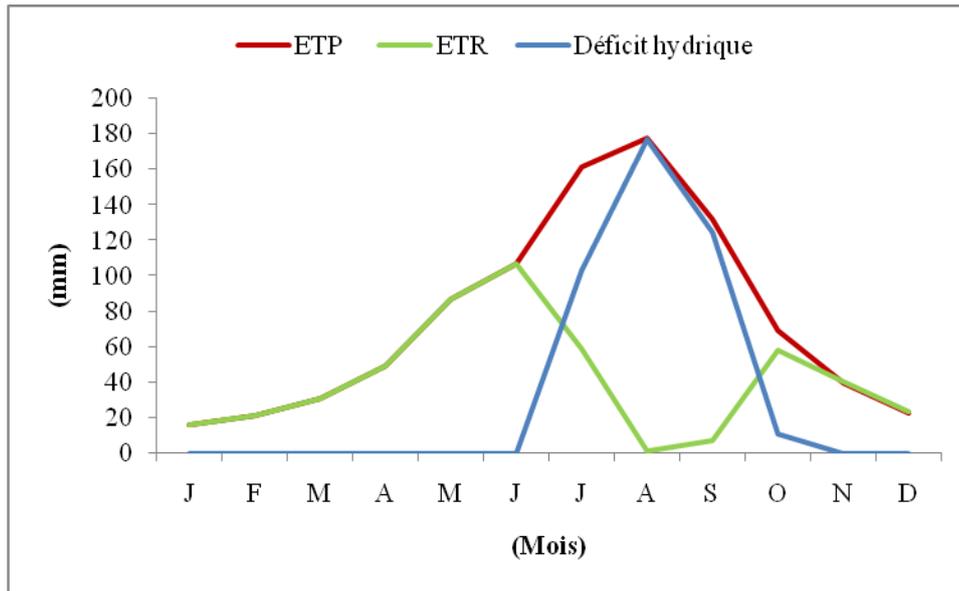


Figure 5.10: Bilan hydrique mensuel de l'année 1992, station de Boukhalfa

- Réserve d'eau du sol

La réserve utile reste remplie jusqu'au mois de mai où elle commence à baisser graduellement et connaît une chute brutale au mois de juin avec seulement 70,3 mm et 31,2 mm en juillet et reste à son plus bas niveau jusqu'au mois d'octobre où elle reprend son remplissage progressif (figure 5.11).

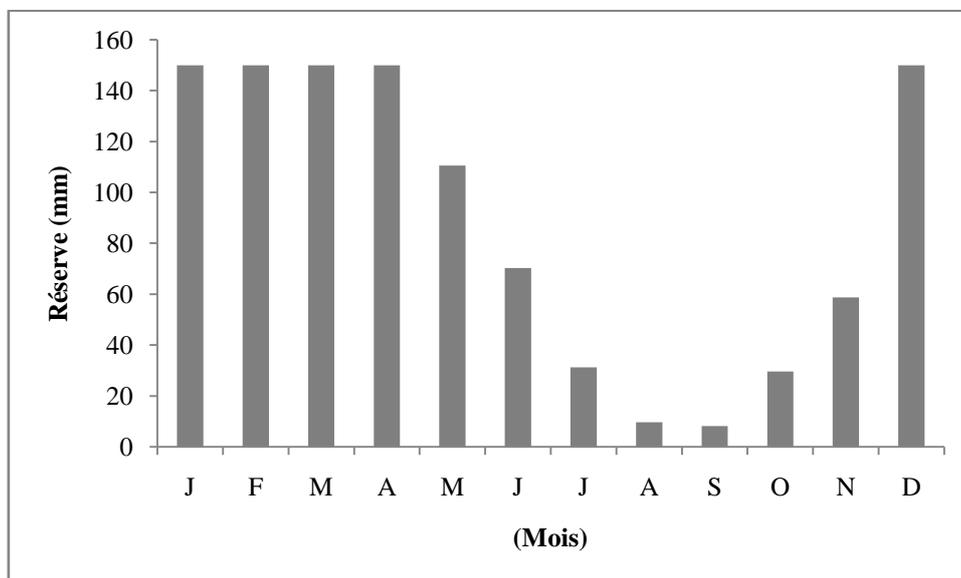


Figure 5.11: Évolution annuelle de la réserve d'eau du sol, station de Boukhalfa

A la vue de tous ces éléments, le mois de septembre de l'année 1992 présente des conditions très favorables aux feux. D'ailleurs, plusieurs grands incendies ont été enregistrés durant la journée du 26. A cet effet, nous allons nous intéresser aux conditions météorologiques de

cette journée et tenter de reconstituer la chronologie du risque météorologique afin de déterminer le seuil d'alerte de la survenance des grands incendies en Kabylie maritime.

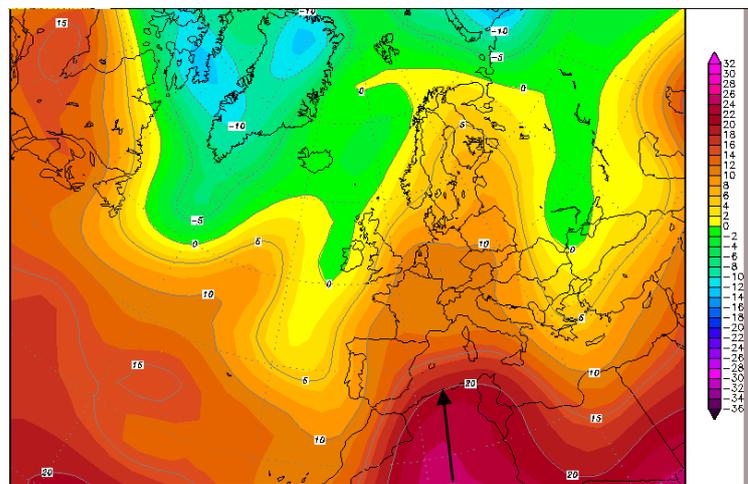
- **Vent et Humidité relative, incendie de Lâach, du 26/09/1992**

Cet incendie s'est déroulé dans des conditions de chaleur et de sécheresse exceptionnelles pour un mois de septembre. Vu ces conditions particulières, deux autres grands incendies ont eu lieu cette même journée à quelques kilomètres de distance et quelques heures d'écart seulement (Aït Youcef et Tizi Temlelt). Les trois incendies se sont déclarés à des distances qui varient entre 3 et 5 km du rivage.

Le plus frappant, c'est la vitesse avec laquelle l'incendie de Lâach a progressé. Sa progression était de 80 ha par heure, et a détruit au final près de 500 ha de végétation.

L'incendie s'est déclaré à 11h45 sous l'influence d'un vent d'Est, probablement d'origine continentale, arrivant à une vitesse de 18 km/h. La météo montre (figure 5.12) qu'effectivement un flux d'air chaud balayait toute l'Algérie, créant ainsi des conditions de chaleur et de sécheresse très particulières.

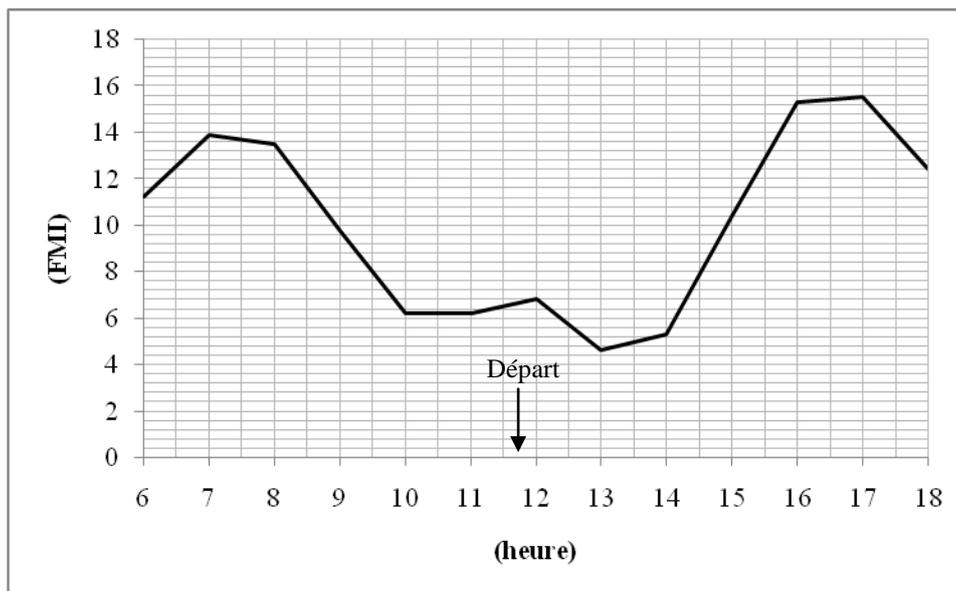
Le départ de cet incendie a coïncidé avec les moments les plus chauds et les moins humides de cette journée. Le feu a parcouru 500 ha de maquis et de broussaille en l'espace de 6h et 15mn seulement. A 12h00 le thermomètre affichait 33,5 °C et l'humidité relative de l'air était de 21%.



**Figure 5.12:** Image archive des températures, le 26/09/1992, (www.wetterzentrale.de)

La température continue de grimper et atteint 36,3 °C à 14h00 et l'humidité continue de baisser pour atteindre 16 % à la même heure sachant qu'à 13h00 le vent avait atteint 36 km/h avec de forts coups arrivant du Sud, ce qui fait propager rapidement les flammes.

La figure 5.13 montre l'évolution de l'indice FMI qui indique une valeur très proche de la minimale journalière au moment du départ de l'incendie, ce qui est synonyme d'une très faible teneur en eau de la végétation morte ou de l'imminence d'un danger.



**Figure 5.13 :** Variation horaire de l'indice FMI, le 26/09/1992, station de Boukhalfa

La tendance entame son inversion à partir de 15h00, la température commence à baisser et l'humidité se met à grimper pour atteindre respectivement 26,9 °C et 48 % à 16h00. Au moment de l'extinction à 18h00 la température est restée stationnaire autour de 27 °C et l'humidité a connu une légère baisse atteignant ainsi 38%.

Fait notable, la vitesse moyenne du vent entre 10h00 et 18h00 est de 23km/h, ce qui était déterminant dans la forme finale de cet incendie, mais aussi son origine continentale caractérisée par une sécheresse et une chaleur extrêmes.

Cet incendie s'est produit sous des conditions synoptiques de sirocco violent par moment.

Ce vent n'est pas très fréquent, mais lorsqu'il dure dans le temps, il crée des conditions de chaleur et de sécheresse exceptionnelles. Les données utilisées sont enregistrées toutes les 3 heures, d'où la forme de la rose des vents. Il se peut que des variations importantes de vitesse et de direction soient masquées à cause de l'intervalle (3 heures) de temps entre les observations (figure 5.14).

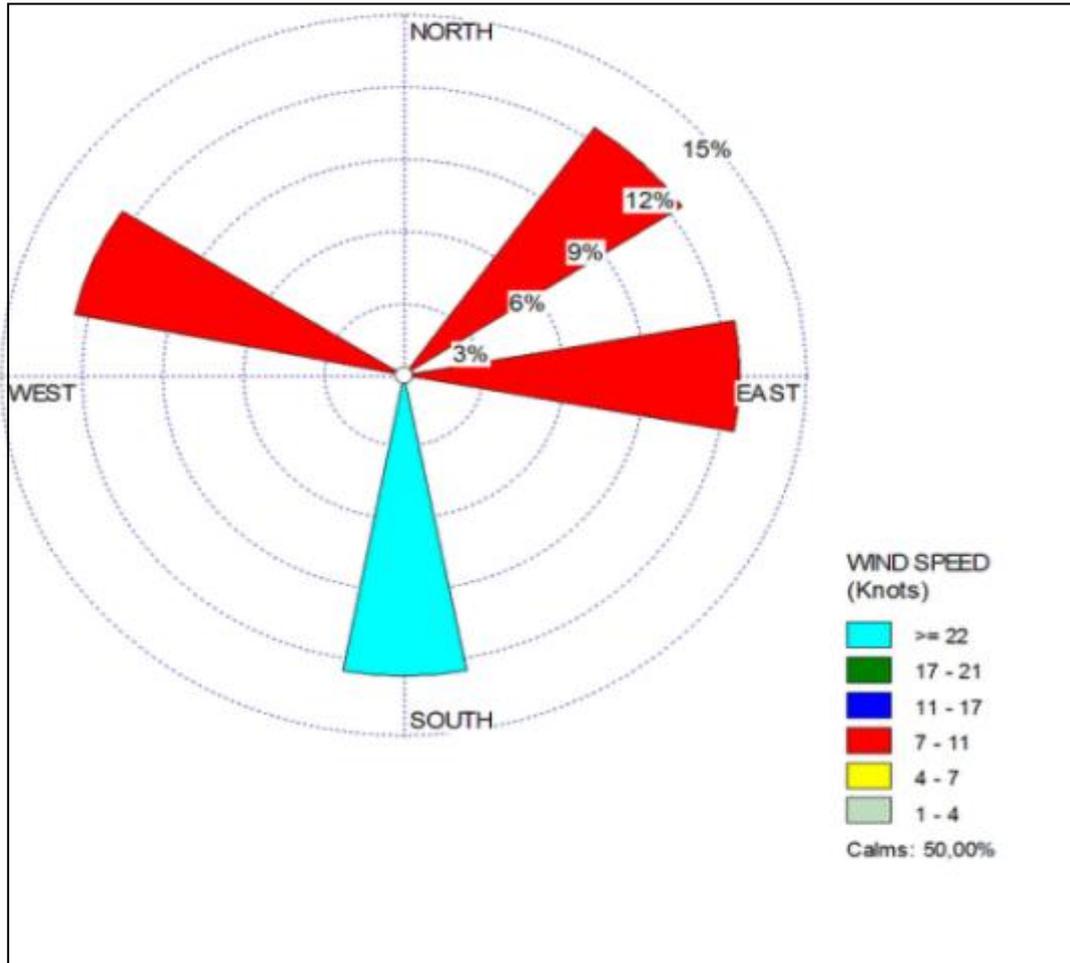


Figure 5.14 : Rose des vents toutes les 3 heures, le 26/09/1992, station de Boukhalfa

- **Évolution horaire du risque météorologique suivant l'I<sup>87</sup> et l'IFM**

Le calcul de l'IFM à l'échelle horaire ne tiendra pas compte des valeurs initiales de l'ICL, de l'IH et de l'IS de la veille, car les valeurs initiales sont utilisées lorsque le calcul est effectué à l'échelle de la journée

L'incendie s'est déclaré près de 2 heures avant le déclenchement d'un autre grand incendie (Aït Youcef). En effet, beaucoup de similitudes peuvent être décelées entre les deux incendies comme la position géographique par rapport à la mer, la vitesse de progression et les influences atmosphériques de la journée.

A l'heure de départ de cet incendie, la valeur de l'indice I<sup>87</sup> indiquait un risque très sévère et la valeur de l'IFM était supérieure à 30 (calculé par ordinateur), ce qui est synonyme d'un niveau de risque extrême. Il y a, donc, une bonne concordance entre la valeur des indices et le départ de cet incendie. L'IFM et l'I<sup>87</sup> atteignent leurs valeurs maximales à 13h00 (figure 5.15) qui correspond au moment critique de la journée où le feu avait atteint sa puissance maximale,

avec un vent qui souffle à 36 km/h, d'ailleurs c'est pratiquement à ce moment de la journée que s'est déclaré l'incendie d'Aït Youcef qui a détruit 350 ha.

L'IFM a connu un début de fléchissement à partir de 13h00 mais, le risque est resté dans le niveau très élevé jusqu'à 18h00, heure de l'extinction et ce malgré la baisse de la valeur de l'IFM qui était de 77 à 13h00 et est passé à 20 à 17h00. Ceci a énormément aidé à la maîtrise de cet incendie, car le vent a diminué de sa vitesse en passant de 36 à 18 km/h et l'humidité relative est passée de 32 à 48 %.

L'I<sup>87</sup> a eu quasiment la même variation que l'IFM. Ce qui confirme la fragilité de la situation malgré la maîtrise du feu, d'autant plus que d'autres feux étaient encore actifs ce jour là.

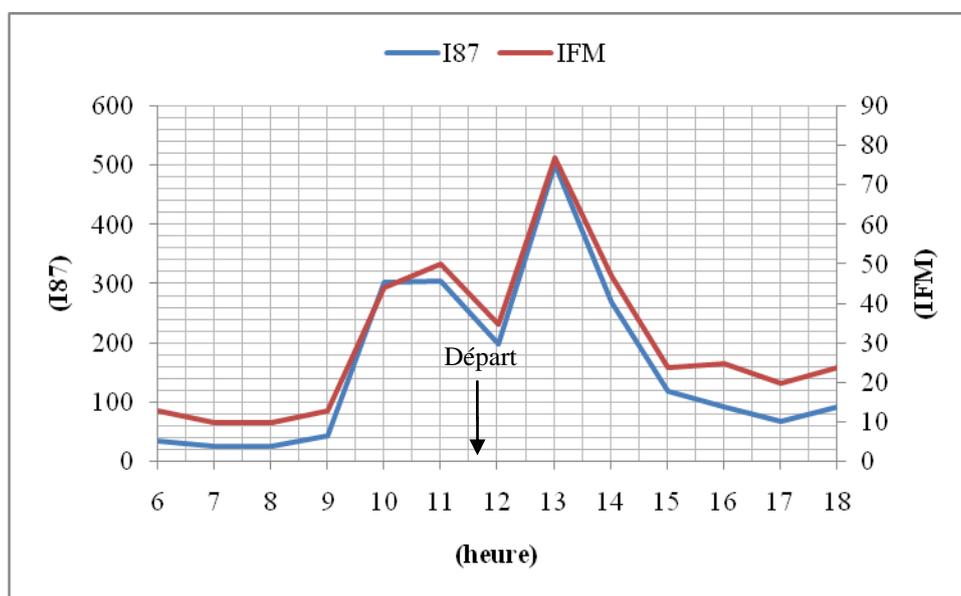


Figure 5.15: Variation horaire de l'I<sup>87</sup> et l'IFM, le 26/09/1992, Station de Boukhalifa

➤ **Analyse du risque météorologique de l'incendie d'Igoujdal (Aït Chafaâ) du 13/10/1993**

*Situation géographique approximative :*

*36°49'28.70" N*

*4°30'21.78" E*

*Départ : 10 h00*

*Extinction : 02h00 (14/10/2014)*

*Durée : 16h00*

A l'image de l'été 1992, la saison estivale de l'année 1993 a été, également, marquée par plusieurs incendies de différentes tailles dans la Kabylie maritime. Mais seulement trois incendies ont dépassé la surface de 100 ha. Ils se sont, également, déclarés entre la dernière décade du mois de septembre et la deuxième semaine d'octobre.

Les trois incendies sont :

- Incendie de Cheurfa, survenu le 22/09/1993, ayant ravagé 200 ha.
- Incendie d'Iguer N'Salem, survenu le 23/09/1993, ayant ravagé 290 ha.
- Incendie d'Igoujdhal, survenu le 13/10/1993, ayant ravagé 500 ha.

- **Bilan hydrique de l'année 1993**

Le bilan hydrique peut renseigner sur le contexte de la sécheresse estivale dans lequel s'est déroulé l'incendie d'Igoujdhal.

**Tableau 5.7:** Bilan hydrique station météorologique de Boukhalfa, 1993

	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou	Sept	Octo	Nov	Dec	Annuel
<b>P</b>	51	70	29	130	48	1	0	8	66	42	84	103	632
<b>ETP</b>	16	18	34	49	94	144	182	185	114	62	35	23	956
<b>P-ETP</b>	35	52	-5	81	-46	-143	-182	-177	-48	-20	49	80	-324
<b>ETR</b>	16	18	34	49	94	105	0	8	66	42	35	23	490
$\Delta R U_i$					-45,8	-64	-37,2	-4,1	13,8	7,6	27,9	26,3	
<b>R U_i</b>	150	150	145	150	104,2	40,2	11,2	9,2	53,5	70,1	139,5	150	
<b>Excédent</b>	35	52	0	76	0	0	0	0	0	0	0	0	163
<b>Déficit</b>	0	0	0	0	0	39	182	177	48	20	0	0	466

- **Précipitations**

Les précipitations étaient moins abondantes pendant l'année 1993 avec seulement 632 mm cumulés contre 931 mm pour l'année 1992. Une variation de près de 300 mm par rapport à l'année précédente, ce qui constitue un écart important. Par conséquent, l'année 1993 peut être considérée comme moins bonne en termes de précipitations comparée à la valeur moyenne annuelle pour la période (1990-2010), qui est de 762 mm. Néanmoins, malgré la sécheresse totale de juillet et les quelques millimètres de pluie tombés en août, le mois de septembre était assez pluvieux avec 66 mm. La quantité de pluie tombée avant le mois de juin était de 328 mm, ce qui représente 52 % des précipitations annuelles cumulées, alors que la quantité de pluie tombée pendant les trois mois de la saison sèche (juin, juillet et août) représente 1,4 % des précipitations totales annuelles.

- **Évapotranspirations**

L'évapotranspiration potentielle entame une nette augmentation à partir du mois de mai avec une valeur de 94 mm et atteint son maximum au mois d'août avec 185 mm. En l'absence de précipitations, l'évapotranspiration réelle commence à baisser à partir du mois de juin jusqu'à avoisiner 0 mm en juillet, puis remonte légèrement pour atteindre 8 mm

en août, avant de grimper avec le retour des précipitations en septembre pour se stabiliser enfin autour de 23 mm au mois de décembre (figure 5.16).

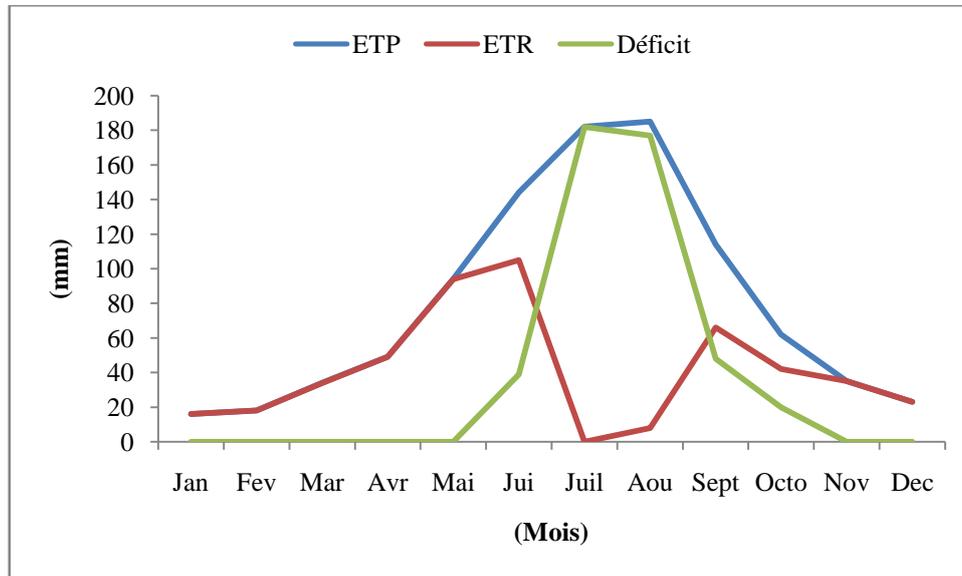


Figure 5.16: Bilan hydrique mensuel de l'année 1993, Station Boukhalfa

- **Réserve d'eau du sol**

La réserve a connu une légère baisse en mars, ce qui est assez inhabituel pour ce mois, avant d'arriver à saturation, à nouveau, en avril. La baisse se précise en mai, avec une chute brusque de la réserve en juin. Elle continue de se vider et atteint son plus bas niveau en août avec seulement 9,2 mm (figure 5.17).

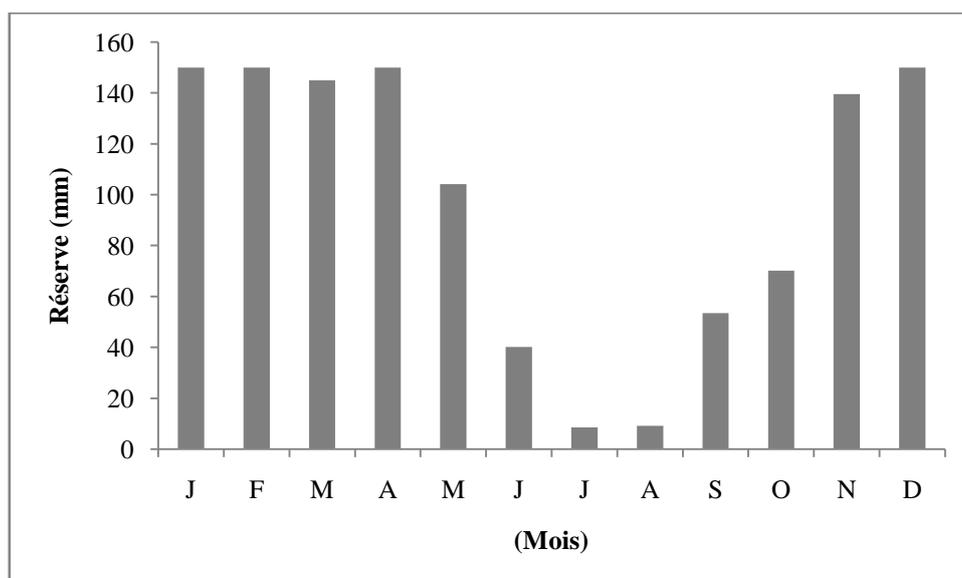


Figure 5.17: Variation mensuelle de la réserve d'eau du sol pour l'année 1993, Station de Boukhalfa

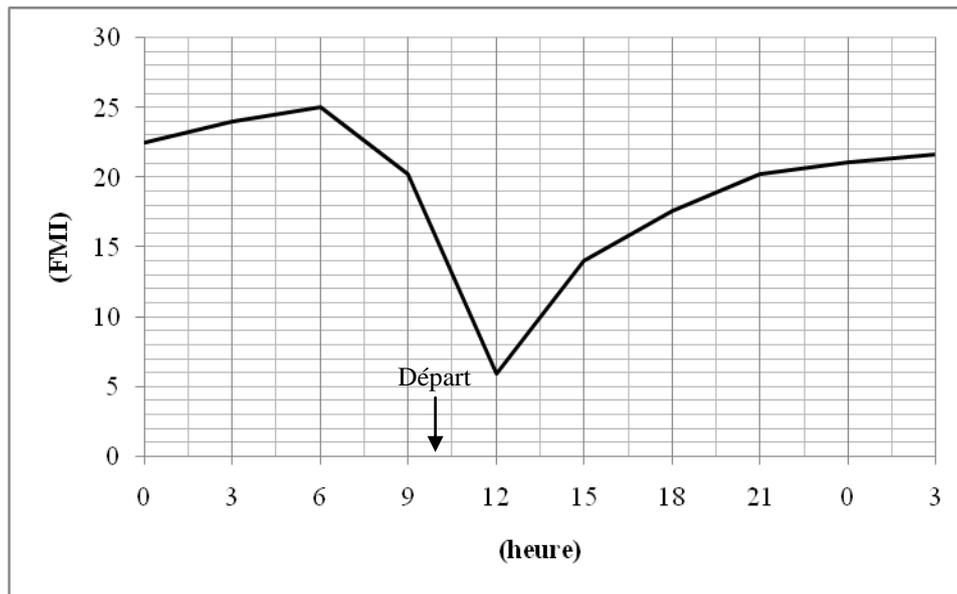
Vu l'état de la réserve d'eau du sol durant le mois d'octobre qui a connu ce grand incendie, il est difficile d'établir un rapport franc entre l'état de la réserve et le grand incendie, car en octobre la réserve contenait tout de même en moyenne 61,8 mm. Par ailleurs, le retour des pluies après une longue période de sécheresse servirait en premier lieu à alimenter les couches les plus profondes du sol et l'horizon superficiel reste humide quelques jours seulement après l'arrêt des précipitations, surtout en présence du vent et de la chaleur comme celle observée durant ce mois d'octobre.

- **Vent et Humidité relative, l'incendie d'Igoujdal (Aït Chafaâ) du 13/10/1993**

L'incendie d'Igoujdhal s'est déclaré le 13/10/1993 à 10h00 avec des conditions suffisamment favorables, en l'occurrence l'absence de pluies dans les 24 heures qui ont précédé cet incendie et une réserve utile à moitié reconstituée (70,1 mm).

La pluie tombée en septembre n'a pas permis d'élever suffisamment la teneur en eau des végétaux vu que le temps était exceptionnellement chaud en cette période de l'année. Les conditions du jour étaient également favorables, car un vent NE d'une vitesse de 15 km/h se lève à 09h00, et atteint sa vitesse maximale de 41km/h à 12h00 et change sa direction en WSW au même moment. L'humidité amorce sa baisse dès le début de la matinée et atteint 13% à midi. C'est quasiment un record pour un mois d'octobre.

L'indice FMI montre une relative faiblesse de la teneur en eau de la végétation morte une heure avant le départ de cet incendie, mais à 12h00, c'est à dire deux heures après le départ, la valeur minimale de cette journée était atteinte. En raison de l'absence des données relevées à l'heure de départ, on ne peut affirmer avec certitude que les conditions d'humidité et de température étaient favorables, en revanche, vu la valeur de l'indice FMI à midi, on peut deviner l'existence d'une situation météorologique favorable (figure 5.18).

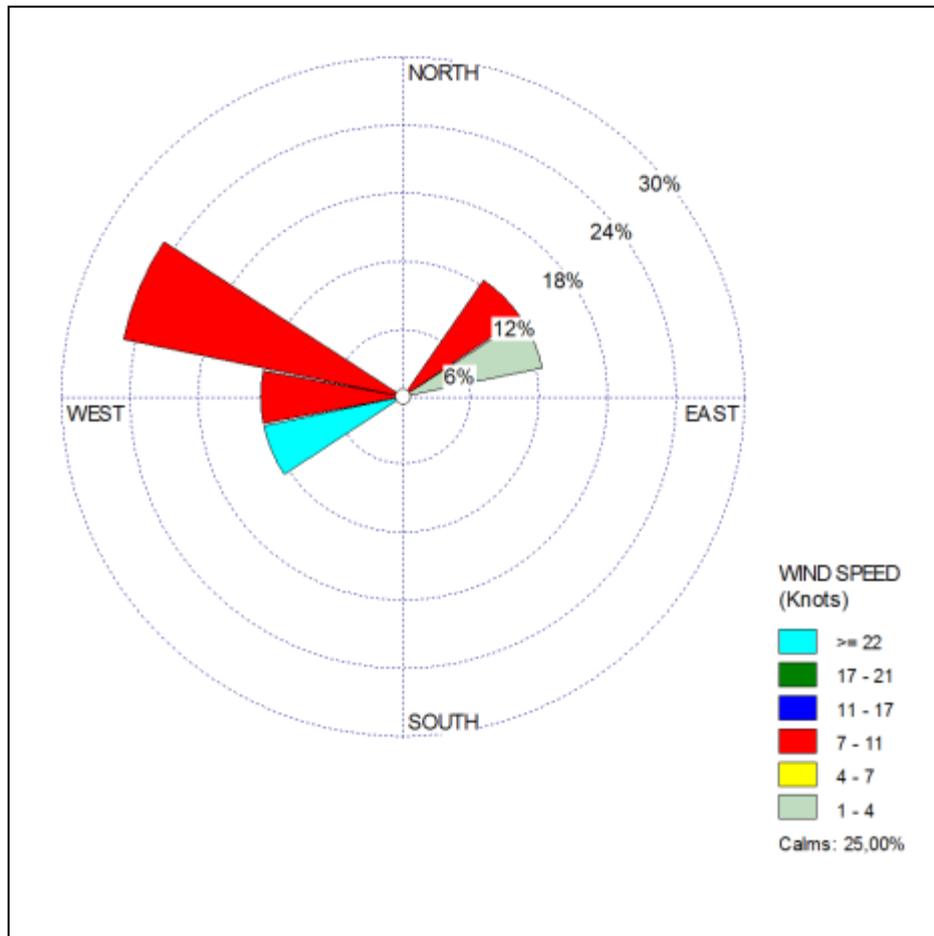


**Figure 5.18 :** Variation de l'indice FMI, le 13/10/1993, toutes les 3 heures, station de Boukhalifa

Avec un vent assez fort qui souffle à 41 km/h et une humidité relative de 13% à midi, les conditions étaient plus que jamais réunies pour un embrasement, sachant que la température de l'air était de 33,4 °C. Ce sont des conditions propres à un mois d'août avec en plus un vent violent.

La vitesse de propagation du feu n'est pas connue, en revanche il a détruit environ 31 ha/heure en moyenne. Cet incendie est un exemple qui montre que les grands incendies peuvent survenir même en dehors de la saison sèche, car on est à la quatrième semaine de l'automne (T moyenne mensuelle = 19,8 °C) et il est tombé 66 mm de pluie en septembre, avec la reconstitution d'une partie de la réserve, mais il a fallu un seul épisode chaud et fortement sec et venteux pour que les conditions deviennent favorables aux grands feux. Cela montre à quel point la météorologie est prépondérante dans l'avènement des grands feux, en plus de l'aspect climatique à l'échelle annuelle.

Le vent WNW d'une vitesse allant de 11 à 20 km/h a dominé la journée du 13/10/1993, mais au moment du feu, le vent change sa direction en WSW et atteint des vitesses supérieures à 40 km/h et cela a duré au moins trois heures (figure 5.19).



**Figure 5.19:** Rose des vents, toutes les trois heures, le 13/10/1993, station de Boukhalfa

Vu que le vent, au moment du départ, arrive en provenance de l'intérieur du pays et comme cela se passe en plein jour et avec de fortes rafales, on n'est plus dans le cas d'un simple phénomène de brise, mais en présence d'un vent d'origine synoptique. Ce vent a, donc, joué un rôle déterminant dans la propagation de cet incendie.

- **Évolution horaire du risque météorologique suivant l'I<sup>87</sup> et l'IFM**

Contrairement à l'incendie de Lâach, celui d'Igoujdhal a duré plus d'une journée, mais ce qui retient l'attention est le changement rapide de la situation météorologique en début de matinée. En effet, à 06h00 le risque était quasi-nul, mais à 10h00, heure de départ, les indices indiquaient un niveau élevé de risque, avec un IFM et I<sup>87</sup> > 40 (figure 5.18). A 12h00, moment critique de la journée, les deux indices atteignent leurs valeurs maximales, ce qui signifie la présence de tous les ingrédients pour que ce grand feu ait lieu. D'ailleurs, il y avait trois autres incendies de taille moyenne qui se sont déclarés ce jour là, à partir de 12h00 en Kabylie maritime. L'IFM a connu une chute brusque vers 15h00, mais l'alerte était encore présente car l'IFM était supérieur à 17, mais à partir de 18h00 le risque se dissipe peu à peu. Cette

situation est confirmée par l'I<sup>87</sup> qui indiquait un niveau de risque sévère entre 15h00 et 18h00 et un risque faible par la suite. L'extinction intervient à 02h00.

Le retour à la normale au niveau des conditions météorologiques a contribué à la circonscription de cet incendie qui a détruit plusieurs centaines d'hectares d'une végétation constituée principalement de résineux, de broussaille, d'oliviers et d'arbres fruitiers. La nature du relief a également aidé à la recette de cet incendie, car on y retrouve des pentes allant jusqu'à 40 %.

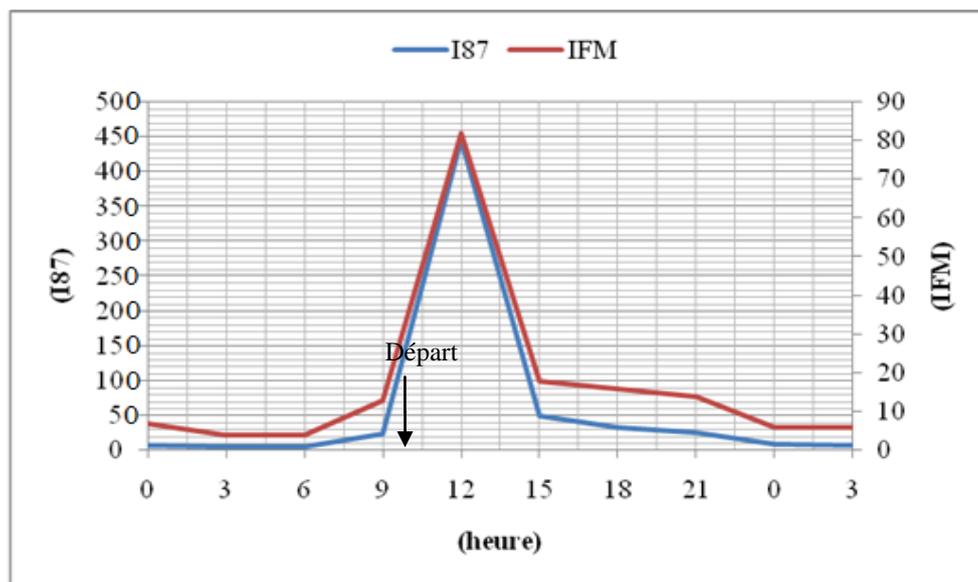


Figure 5.20 : Variation de l'I<sup>87</sup> et l'IFM, le 13/10/1993, toutes les 3 heures

➤ **Analyse du risque météorologique de l'incendie de Tala Bouaden (Azeffoun) du 19/08/1994**

*Situation géographique approximative :*

36°50'43.14" N

4°23'57.06" E

Départ : 11h00      Extinction : 22h00 (20/08/2014)      Durée : 35h00

L'année 1994 est particulièrement catastrophique sur le plan d'incendies de forêts en Algérie. Un record historique a été enregistré pour le nombre d'incendies et les surfaces incendiées à travers tout le territoire forestier algérien avec 271 598 ha de surface brûlée.

La saison estivale de l'année 1994 a été, particulièrement, rude sur le plan climatique et marquée par plusieurs incendies de grande taille pour la Kabylie maritime, surtout au niveau des communes d'Azeffoun et d'Aït Chafaâ. En tout, 21 grands incendies ont touché ces deux

communes entre le 09 et le 30 août 1994. La durée moyenne de chacun de ces incendies est de 2,5 jours et ils ont détruit chacun en moyenne 450 ha de végétation.

L'incendie de Tala Bouaden du 19/08/1994 était particulièrement dangereux car il a détruit une surface végétale d'environ 1000 ha. D'après les données disponibles, cet incendie est le seul ayant atteint une telle proportion en Kabylie maritime pour la période 1990-2010.

- **Bilan hydrique de l'année 1994**

A l'instar de l'année 1993, 1994 est caractérisée par une faible pluviosité comparée à la moyenne annuelle. C'est le prolongement d'une faible pluviométrie qui s'étale sur deux années consécutives.

**Tableau 5.8** : Bilan hydrique, station météorologique de Boukhalfa, 1994

	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou	Sept	Octo	Nov	Dec	Annuel
<b>P</b>	115	81	2	60	4	0	0	10	129	70	18	139	628
<b>ETP</b>	16	20	42	38	107	141	217	228	120	75	38	18	1060
<b>P-ETP</b>	99	61	-40	22	-103	-141	-217	-218	9	-5	-20	121	-432
<b>ETR</b>	16	20	42	38	107	29	0	10	120	75	22	18	497
$\Delta RUi$													
<b>RUi</b>	150	150	114,4	132,4	67,9	26,5	5,9	6,5	98,2	113,9	117,2	150	
<b>Excédent</b>	78	61	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	139
<b>Déficit</b>	0	0	0	0	0	112	217	218	0	0	16	0	563

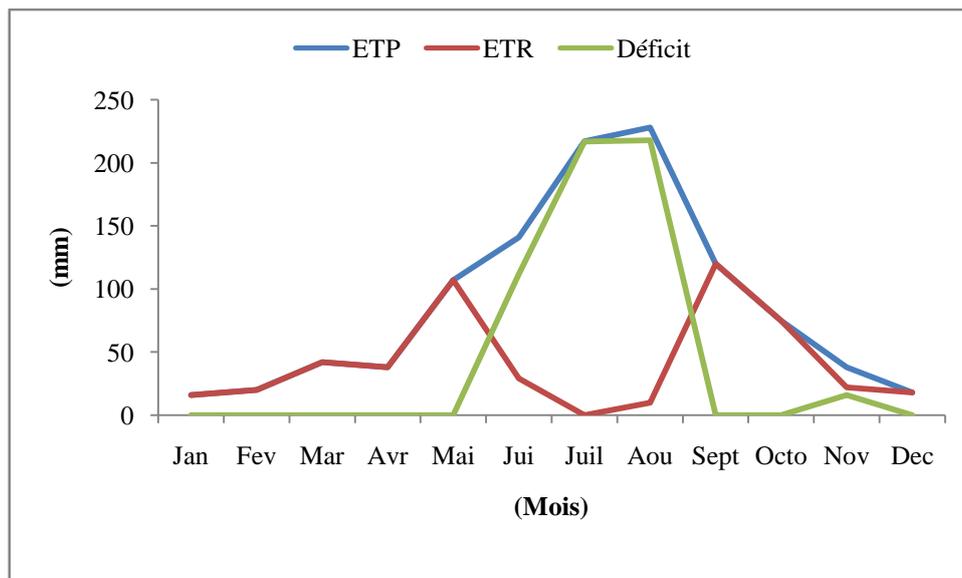
- **Précipitations**

Les précipitations ne sont pas uniformément réparties sur l'année, car il n'y avait que 2 mm enregistrés pendant le mois de mars et 4 mm pendant le mois d'avril, tandis que, le mois de septembre a connu une quantité inhabituelle de pluie (129 mm), ce qui peut avoir un impact direct sur la sécheresse estivale et l'avènement de grands incendies.

- **Évapotranspirations**

L'évapotranspiration potentielle a enregistré une nette augmentation, particulièrement au mois de mai et avait atteint sa valeur maximale de 228 mm au mois d'août, avant d'entamer une baisse en septembre pour atteindre 120 mm, qui reste une valeur très élevée.

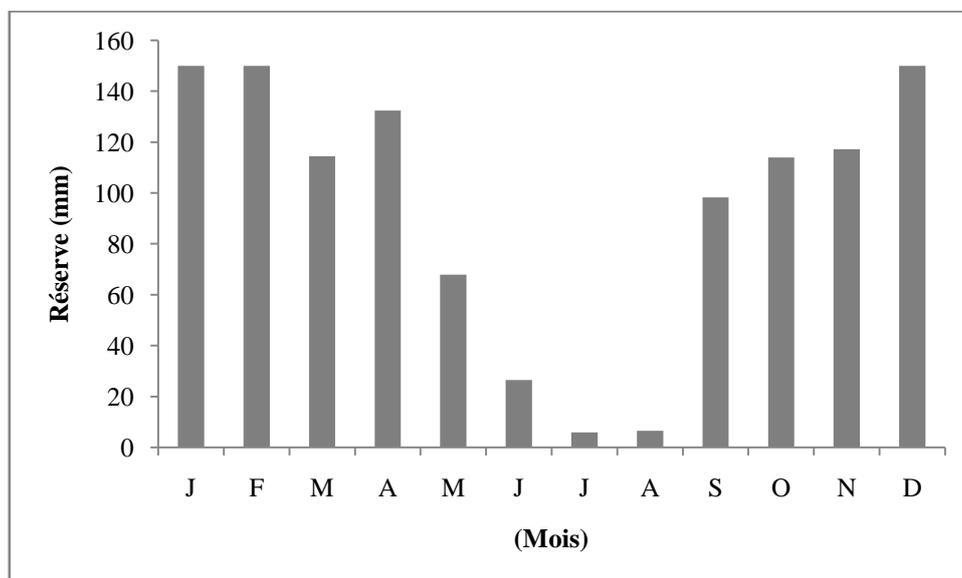
L'évapotranspiration réelle avait commencé à baisser significativement à partir du mois de juin et a continué à baisser jusqu'à atteindre sa valeur la plus basse qui est de 0 mm au mois de juillet avant de se remettre à grimper progressivement et de se stabiliser autour de 18 mm au mois de décembre (figure 5.21).



**Figure 5.21:** Bilan hydrique mensuel, station de Boukhalfa, 1994

- **Réserve d'eau du sol**

Comme en 1993, la réserve a également connu une baisse en mars, avant de se remplir à nouveau en avril mais sans atteindre la saturation (figure 5.22). Le mois suivant, la réserve avait entamé une nouvelle baisse pour atteindre son plus bas niveau en juillet et août, un état qui coïncide avec l'avènement de plusieurs incendies, notamment celui de Tala Bouaden qui a détruit 1000 ha.



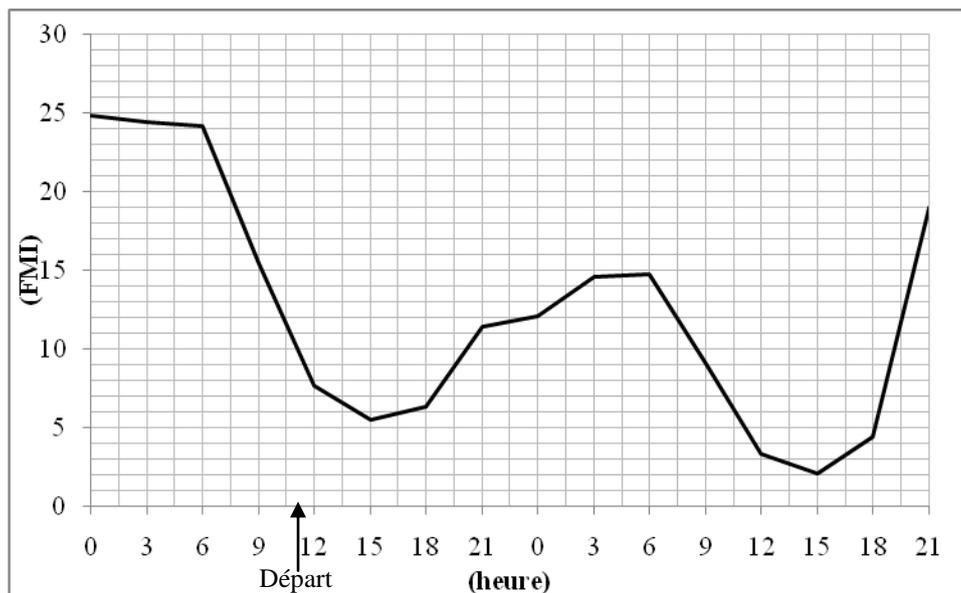
**Figure 5.22:** Variation mensuelle de la réserve d'eau du sol, station de Boukhalfa, 1994

La reconstitution de ladite réserve débute en septembre grâce notamment à l'important volume de pluie (129 mm) qui est tombé, mais la faiblesse du volume pluviométrique durant les deux mois qui ont suivi, a retardé la reconstitution de la réserve jusqu'à décembre.

- **Température, Vent et Humidité relative, incendie de Tala Bouaden (Azeffoun) du 19/08/1994**

L'été de l'année 1994 était particulièrement chaud, les températures et la sécheresse ont atteint des proportions record (température moyenne mensuelle du mois d'août 1994 est de 31,9°C). L'incendie s'est déclaré vers 11h00, où la température était déjà exceptionnellement élevée pour une heure aussi précoce de la journée (35,3 °C). L'humidité relative de l'air était de 32 % mais le vent était calme.

La figure 5.23 montre que la teneur en eau de la végétation morte est quasiment à son plus bas niveau journalier au moment du départ de cet incendie.



**Figure 5.23:** Variation de l'indice FMI, le 19 et 20/08/1994, toutes les 3 heures, station de Boukhalfa

A 14h00, la température augmente et atteint sa valeur maximale de 39,4 °C et au même moment un vent W se lève, sa vitesse moyenne est de 18 km/h. L'humidité relative de l'air passe à 24 % et se stabilise au tour de 20 % jusqu'à 18h00. Durant cette tranche horaire le vent alterne des moments d'activité et de repos, sa vitesse varie entre 0 et 22 km/h.

Le deuxième jour de l'incendie, à partir de 00h00, le vent change de direction et passe en NE, sans changement de régime et ce jusqu'à l'extinction du feu. En revanche, la température a atteint cette fois ci 43 °C à 14h00 et l'humidité relative passe à 15 % à 12h00 et gravite autour de 11 % jusqu'à 17h00.

Les paramètres météorologiques de température et d'humidité montrent la présence d'un temps extrêmement sec et chaud surtout le deuxième jour de l'incendie. Le vent ne semble pas avoir eu un grand impact sur la propagation de cet incendie, car les vitesses enregistrées étaient assez moyennes (petites brises). Toutefois, le relief du site est très accidenté, contraind toute intervention. Les pentes peuvent aller jusqu'à 60 %. Ce qui laisse penser qu'il y avait un « laisser-brûler ». Cet incendie a détruit plusieurs formations arborées notamment la prédominante qui est celle du Chêne zeen.

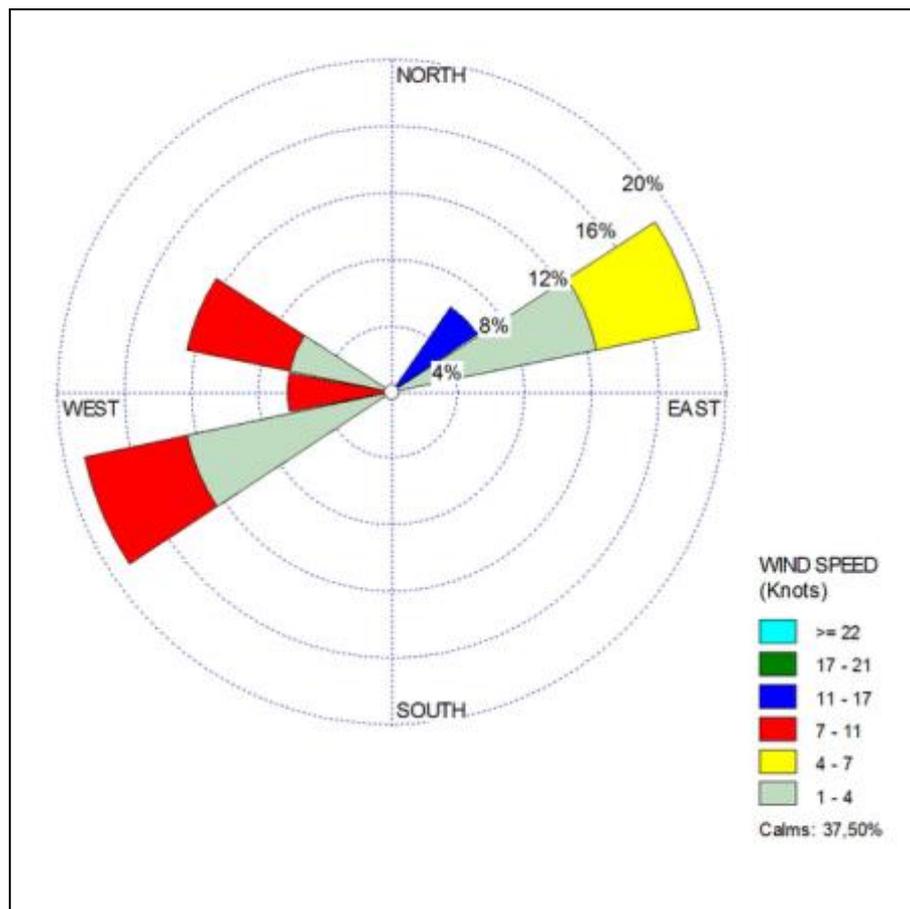


Figure 5.24: Rose des vents, toutes les 3 heures, le 19-20/08/1994, station de Boukhalfa

- **Évolution horaire du risque météorologique suivant l'I<sup>87</sup> et l'IFM**

Il existe une forte similitude entre les deux journées de l'incendie de Tala Bouaden du point de vue du risque météorologique. En effet, deux pics de risque sont indiqués par l'IFM et l'I<sup>87</sup> pour les deux jours à la même heure de la journée, c'est-à-dire à 15h00 (figure 5.25). Le risque est passé du niveau élevé à 09h00 au niveau extrême à 15h00 pour l'IFM, avant de retrouver à nouveau le niveau élevé à 18h00 pour atteindre par la suite un niveau très élevé à minuit. Un tel niveau de risque à minuit n'est pas très courant et annonçait en quelque sorte le

danger de la deuxième journée. Le même schéma est reproduit pour le deuxième jour. L'I<sup>87</sup> a également indiqué une variation de risque quasi-similaire à celle de l'IFM, excepté entre 00h00 et 06h00 du deuxième jour où le risque est resté dans un niveau légèrement supérieur à celui de l'IFM, mais pas exagéré.

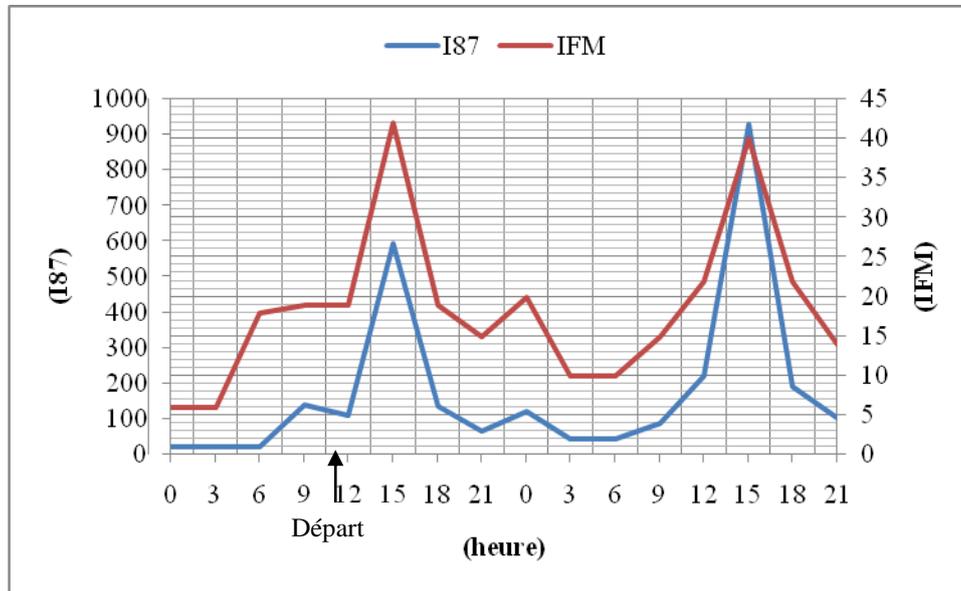


Figure 5.25 : Variation de l'I<sup>87</sup> et l'IFM, le 19-20/08/1994, toutes les 3 heures

➤ **Analyse du risque météorologique de l'incendie d'Agouni Moussi (Iflessen) du 25/08/1999**

*Situation géographique approximative :*

*36°51'43''N*

*4°12'57''E*

*Départ : 11h45*

*Extinction : 04h00*

La partie ouest de la Kabylie maritime a été touché par 15 incendies de différentes tailles durant l'été 1999. Neuf incendies sur quinze ont eu lieu le 25/08/1999, parmi lesquels il y a eu deux grands incendies, Abberane (150 ha) et Agouni Moussi (720 ha). Cette journée est particulièrement catastrophique d'où l'intérêt d'étudier ses caractéristiques climatiques.

• **Bilan hydrique de l'année 1999**

Comme pour les précédents incendies, le bilan hydrique de l'année 1999 révèle une situation critique de la saison estivale en matière de sécheresse.

**Tableau 5.9:** Bilan hydrique, station météorologique de Boukhalfa, 1999

	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou	Sept	Octo	Nov	Dec	Annuel
<b>P</b>	123	93	75	20	41	1	0	2	33	15	149	219	771
<b>ETP</b>	16	12	35	52	108	156	191	210	136	99	29	17	1061
<b>P-ETP</b>	107	81	40	-32	-67	-155	-191	-208	-103	-84	120	202	-290
<b>ETR</b>	16	12	35	52	108	52	0	2	33	15	29	17	371
$\Delta RUi$				-32	-67	-51					120	30	
<b>RUi</b>	150	150	150	116	106.8	37	9,7	7,5	27,8	25,8	145,8	150	
<b>Excédent</b>	107	81	40	0	0	0	0	0	0	0	0	172	400
<b>Déficit</b>	0	0	0	0		104	191	208	103	84	0	0	690

- **Précipitations**

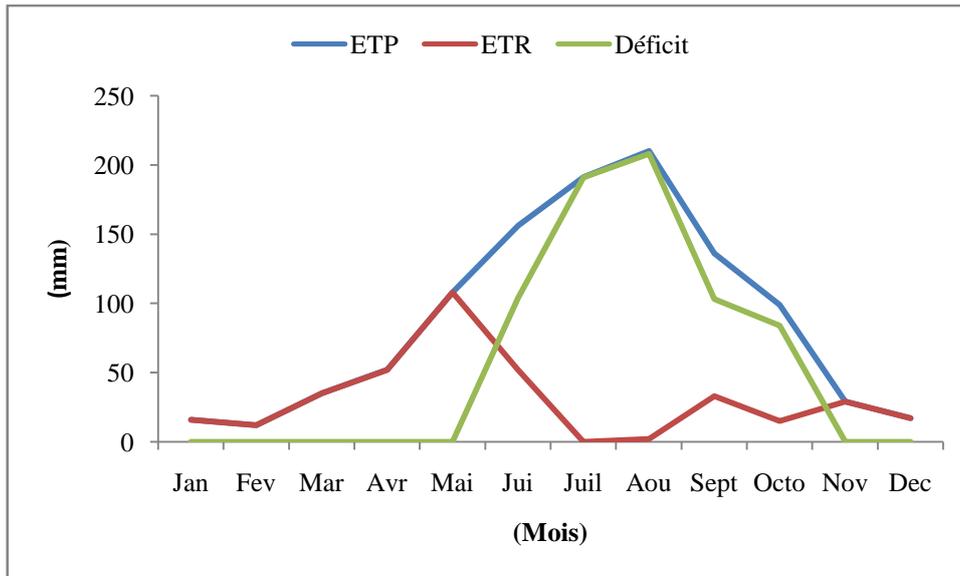
Les précipitations étaient plus abondantes pendant l'année 1999 avec 771 mm cumulés. La variation est importante par rapport aux années 1993 et 1994. Par conséquent, l'année 1999 peut être considérée comme étant moyenne en termes de précipitations comparée à la valeur moyenne annuelle pour la période (1990-2010), qui est de 762 mm.

La particularité de cette année est la rareté, voire l'absence de précipitations pendant 3 mois consécutifs (juin, juillet et août) qui coïncide avec la saison chaude.

- **Évapotranspirations**

L'évapotranspiration potentielle a connu une nette augmentation en mai avec 108 mm et a atteint sa valeur maximale de 210 mm en août. Avec le retour à la baisse des températures en septembre, l'ETP a donné une valeur moins importante de 136 mm avant d'atteindre un équilibre relatif en décembre (figure 5.26).

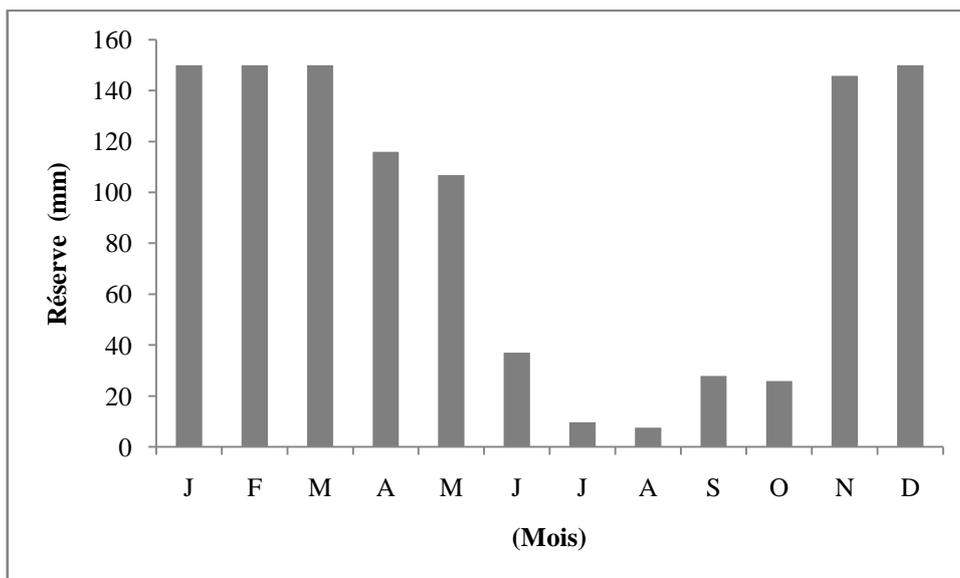
L'évapotranspiration réelle avait entamé une baisse significative à partir du mois de juin pour atteindre sa valeur minimale de 0 mm au mois de juillet.



**Figure 5.26:** Bilan hydrique mensuel, station de Boukhalfa, 1999

- **Réserve d'eau du sol**

Pour l'année 1999, la réserve avait connu une baisse graduelle à partir du mois d'avril. Une baisse sensible est enregistrée en juin, mais le plus bas niveau de la réserve est atteint en août. Comme le montre la figure 5.27, la sécheresse édaphique a duré 5 mois (juin-octobre) en 1999. Le faible volume des précipitations enregistrées en septembre et en octobre a différé la reconstitution de la réserve, ce qui n'est pas sans conséquences sur la teneur en eau de la végétation.



**Figure 5.27:** Variation mensuelle de la réserve d'eau du sol, station de Boukhalfa, 1999

Malgré la quantité importante de pluies en novembre, la saturation n'est obtenue qu'en décembre grâce notamment à l'importante pluviométrie de ce mois-ci.

- **Vent et humidité relative, Agouni Moussi (Ifliissen) du 25/08/1999**

Cet incendie s'est déclaré à 11h45 et a détruit sur son passage 720 ha de végétation variée, pour une durée totale de 15 heures et 15 minutes. Il s'éteint le 26/08/1999 à 04h00. Il a détruit environ 48 ha toutes les heures.

A 11h45 la température dépasse les 43°C, car la température mesurée à midi était de 44,1 °C. L'humidité relative de l'air était de 17 % à midi. Un vent d'une vitesse de 22 km/h et d'une direction WSW se lève au même moment. L'incendie a parcouru un terrain accidenté avec des pentes allant jusqu'à 40 %.

Le versant parcouru est d'une exposition NW, situé sur l'ubac de la colline côtière, versant relativement frais.

L'incendie poussé par un vent WSW pendant les six premières heures, soufflant avec une vitesse variable allant de 7 à 25 km/h. Le vent a atteint 25km/h à 15h (T= 40°C, H =17%).

La direction du vent a beaucoup varié pendant les premières heures, allant du NNW au S passant par le SE entre 15h et 16h. Notons que le vent du Sud est très sec et très chaud (sirocco). A partir de 18h, un vent variable ENE, NE, NNE se lève. Ce vent est une brise de mer, ce qui explique la progression de l'humidité relative de l'air. Mais ce vent n'impacte pas significativement l'incendie à cause de la position du versant par rapport à la provenance du vent.



**Figure 5.28 :** Variation horaire de l'indice FMI, le 25 et le 26/08/1999, station de Boukhalfa

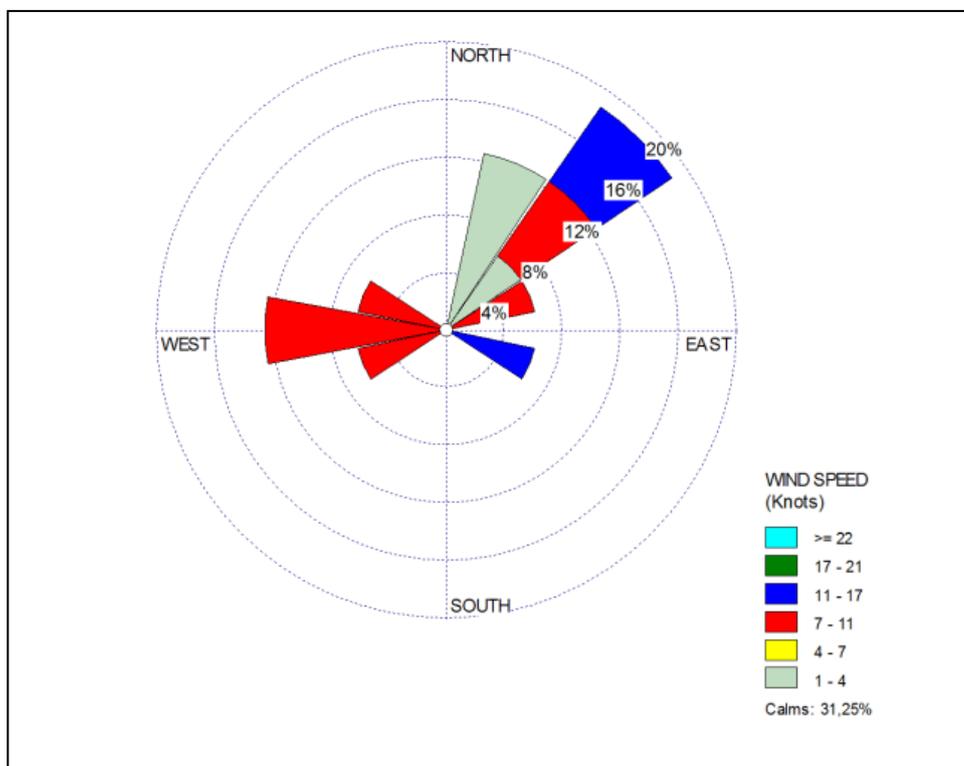
Malgré la baisse du régime du vent, le feu continue sa progression avec l'aide de la pente et des températures très élevées qui jouent un rôle important sur l'état hydrique de la végétation à ce moment de la journée (à 20h00 la T= 34,6° C).

Le soleil se couche à 19h26, mais les conditions météorologiques restent largement favorables au maintien du feu durant la nuit (T = 33,8°C, H = 30 %) et ce malgré l'accalmie du vent.

Un autre vent NW d'une vitesse allant de 7 à 14 Km/h (figure 5.29) se lève entre 2h00 et 4h00 du matin apportant plus de fraîcheur car, ce vent souffle dans le sens de la progression des flammes, mais sa vitesse était assez faible pour imposer un effet mécanique et n'avoir au final qu'un effet de rafraîchissement de l'atmosphère traduit par l'augmentation de l'humidité de l'air qui atteint une valeur supérieure à 50 %.

Le feu s'éteint à 04h00 du matin dans des conditions de vent faible en provenance de la mer, d'une humidité de l'air relativement élevée et des températures qui sont restées élevées (>30°C), mais surtout grâce à la mobilisation des pompiers, des agents forestiers et de la population du village d'Agouni Moussi.

Cet incendie a menacé un nombre important d'habitations, quelques poulaillers et un entrepôt.



**Figure 5.29 :** Rose des vents, toutes les 3 heures, le 25 et 26/08/1999, station de Boukhalfa

Les moyens utilisés pour sa maîtrise sont des outillages manuels, des pompes dorsales et CCF de forêts de la protection civile.

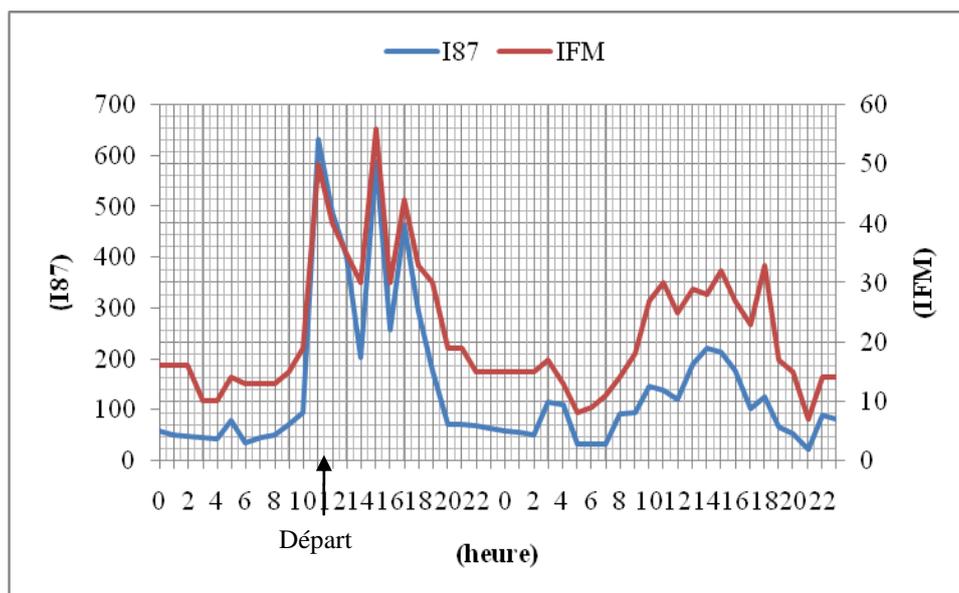
- **Évolution horaire du risque météorologique suivant l'I<sup>87</sup> et l'IFM**

Étant donné que l'indice I<sup>87</sup> dépend essentiellement de la variabilité des paramètres d'humidité relative de l'air, du vent, de la température et de la réserve superficielle, sa valeur indique un risque « très sévère » (> 18) à 12h00, ce qui correspond à une très faible hygrométrie et une présence d'un vent suffisamment fort pour impulser la force nécessaire à une propagation rapide du feu.

D'après les données analysées précédemment, le niveau de risque « très sévère » n'est pas systématiquement atteint durant les journées qui ont connu de grands incendies, mais il reste un fait exceptionnel. Dans le cas de cet incendie, le niveau « risque sévère » a été observé à deux moments de la journée ; lors du départ (12h00) et à 16h00, ce qui est inhabituel jusqu'alors.

La valeur de l'indice oscillait, donc, entre risque sévère et risque très sévère durant 10 heures consécutives, ce qui explique la présence de sept (07) autres incendies aux alentours du dit site pour la même journée mais qui se sont déclarés à des horaires variables (09h45, 12h50, 16h50, 18h00, 19h00, 20h00 et 22h00).

Les huit incendies de la journée ont cumulé 977 ha de végétation détruite dont 73 % de cette surface ont été brûlés par un seul feu, celui d'Agouni moussi.



**Figure 5.30:** Variation horaire de l'I<sup>87</sup> et l'IFM, le 25 et 26 /08/1999, station de Boukhalfa

La journée du 25/08/1999 était potentiellement dangereuse à la vue du nombre d'incendies qui s'y sont déclarés et de la surface totale détruite. Une dangerosité confirmée par les différentes valeurs de l'indice I<sup>87</sup> et de l'IFM.

L'extinction du grand incendie d'Agouni Moussi est intervenue à 04h00, à la faveur de la baisse du niveau de risque mais aussi de l'amélioration des conditions d'humidité et de vent.

### **5.5.3 Discussion et synthèse**

L'analyse des conditions météorologiques dans lesquelles les grands incendies se développent en Kabylie maritime est le but recherché à travers la réalisation de ce chapitre. En effet, nous avons étudié les conditions climatiques et le risque météorologique d'un échantillon constitué de 4 grands incendies qui ont détruit chacun une surface minimale de 100 ha. Ces incendies ont détruit, au total, 2720 ha de surface végétale, c'est l'équivalent d'une surface détruite par 97 incendies moyens (28 ha).

D'une part, tout incendie qui détruit une surface minimale de 100 ha est considéré comme grand et d'autre part, la surface moyenne incendiée par les grands incendies est de 339 ha (moyenne calculée pour 36 incendies, 1990-2010). Nous pouvons donc considérer les incendies qui détruisent une surface supérieure à cette moyenne comme exceptionnels en Kabylie maritime.

Globalement, ces incendies se sont déroulés dans des conditions météorologiques marquées par des chaleurs et des sécheresses importantes, mais aussi par la présence du vent.

Le climat a un effet à long terme sur la végétation et indirectement sur le risque d'incendie de forêt, alors que les conditions météorologiques ont un effet direct et immédiat sur le risque d'incendie de forêt et basculent des situations en quelques heures seulement.

Selon les données disponibles, les grands incendies ont surtout marqué les années 1992, 1993, 1994 et 1999. Cependant, la première remarque importante à souligner est le moment de la saison estivale où ces incendies apparaissent. Aucun incendie ne dépasse les 100 ha avant le mois d'août. Tous les grands incendies de la Kabylie maritime sont apparus exclusivement en août, septembre et octobre, sachant qu'en règle générale la période des feux débute au début du mois de juillet et s'étale jusqu'à la dernière semaine du mois d'octobre, en dépit d'un nombre négligeable d'incendies qui se déclarent en juin et en novembre et dont la taille dépasse très rarement les 5 ha.

Le 11/09/1992, un incendie d'une durée totale de 13h et 45 mn, a causé la destruction de 375 ha de couvert végétal. Cet incendie n'est pas sans rapport avec les conditions évoluant à

long pas de temps comme la réserve d'eau du sol qui était déficitaire (3 à 4 mois de sécheresse), mais surtout en rapport avec l'état hydrique de la végétation qui évolue au même rythme que cette réserve et des conditions météorologiques ponctuelles évoluant à court pas de temps, c'est-à-dire, à l'échelle quotidienne voire même horaire.

L'état hydrique de la végétation n'est pas connu, mais la quantité d'eau disponible au niveau de la réserve utile peut renseigner, dans une certaine mesure, sur la prédisposition de la couche du combustible à l'inflammation.

Certaines journées ont connu non pas un seul mais plusieurs grands incendies. En effet, il s'est produit trois grands feux le 12/10/1990, quatre le 26/09/1992, deux le 27/09/1992, trois le 20/08/1994 et trois le 21/08/1994.

Les grands incendies du 26/09/1992 se sont déclarés à quelques heures d'intervalle seulement (11h45, 11h50, 14h20 et 19h00). Ils ont engendré, respectivement, la destruction des surfaces de 500, 350, 120 et 100 ha. L'hypothèse « d'accident météorologique » est une option tout à fait plausible lorsqu'on évoque les incendies de ce jour là.

Si on regarde bien les données annuelles des précipitations, on s'aperçoit que l'année 1992 a bénéficié d'une importante quantité de pluies comparée à la moyenne annuelle, en revanche, le mois de septembre n'a connu que 6,7 mm de précipitations, très en dessous de la moyenne mensuelle (1990-2008) qui est de 32,4 mm. Le mois d'août de cette même année représentait la période propice pour l'apparition de grands incendies, car durant ce mois, la réserve était très faible et le déficit avait atteint 177 mm comme valeur maximale de l'année, mais aucun grand feu n'a été observé durant cette période. En même temps, les conditions de vent du mois d'août n'étaient pas favorables, la seule journée du mois où un vent SSW a été enregistré est le 17 août à 12h00 avec une vitesse qui varie entre 13 et 20km/h.

Toutefois, les données météorologiques disponibles montrent clairement qu'il y avait eu un grand flux de chaleur arrivant du Sahara et balayant toute la région du Nord algérien. Ce flux de chaleur s'est accompagné d'un vent de Sud violent. La présence d'un vent aussi chaud et sec en zone côtière est un fait inhabituel pour une fin d'été. Il vient accentuer la sécheresse des végétaux et les rend ainsi extrêmement inflammables, sachant qu'à cette période de la saison la strate herbacée constituée essentiellement de graminées, se trouve à l'état de paille morte.

La présence d'un vent synoptique Sud chaud et violent qui coïncide avec une baisse sensible de l'humidité relative, peut être considérée comme condition extrêmement particulière, car très peu fréquente à cette période de l'année. Ceci a, sans doute, contribué au déclenchement

de ces trois grands incendies dans un rayon de 5 km. La vitesse moyenne de progression atteint une valeur record à cause, notamment, de la force du vent et de la topographie tourmentée des sites brûlés.

La condition de température, qui était supérieure à la moyenne journalière et proche des valeurs maximales, renseigne sur la forte probabilité quant au développement d'un feu après son départ.

La sécheresse édaphique ou agricole est une variable évoluant à long pas de temps, elle se combine avec la sécheresse météorologique, qui est une variable évoluant à court pas de temps, pour créer les conditions principales d'embrasement. Ceci ne diminue en rien le rôle important du vent dans la catastrophe. Ce sont d'ailleurs les seuls grands incendies de la période (1990-2010) où l'on a relevé la présence d'un vent aussi chaud et aussi violent qui a dominé la circulation zonale pendant plusieurs heures.

**Tableau 5.10:** Vitesse moyenne et direction du vent, journées à plusieurs grands feux

<b>Date</b>	<b>Nbr.grands incendies</b>	<b>Direction du vent</b>	<b>Vitesse moyenne du vent (m/s)</b>
<b>12/10/1990</b>	3	S/ SW	2
<b>26/09/1992</b>	4	S	4
<b>27/09/1992</b>	2	W	3,8
<b>20/08/1994</b>	3	W	2,3
<b>21/08/1994</b>	3	NE	1,4

En plus de l'incendie du 13/10/1993 pris comme exemple d'étude, deux autres incendies particulièrement ravageurs ont été observés pendant l'été 1993. Ils ont eu lieu le 22 et le 23 septembre et ont occasionné respectivement 200 et 290 ha de végétation détruite.

La présence d'une importante quantité de précipitation (66 mm) en septembre 1993, n'a pas empêché la survenue de ces grands incendies.

Le contexte climatique estival de l'année 1993 donne un aperçu sur le risque potentiel d'incendies qui menace les forêts de la Kabylie maritime, notamment par la longueur de la saison sèche (4 à 5 mois) de cette même année.

Le bilan hydrique de 1993 montre une variation notable par rapport à celui de l'année 1992 avec un volume des précipitations annuelles nettement inférieur à la moyenne. En outre, les conditions météorologiques à court terme ont favorisé la genèse et le développement de ces deux incendies.

Malgré le court intervalle de temps qui sépare les deux incendies du 22 et du 23/09/1993, les conditions météorologiques ont remarquablement évolué pendant cette courte période.

Le taux d'humidité, par exemple, est passé de 92 % à 21h00 le soir du 22/09/1993 à 15 % le 23/09/1993 à 14h00, pendant que les températures ont grimpé de 21,2 °C, à 21h00, à 43°C le lendemain à 15h00.

L'année 1994 a battu tous les records en matière d'incendies depuis l'existence des statistiques en Algérie. En effet, c'est l'année qui a connu le plus grand nombre d'incendies et la plus grande surface incendiée.

Le contexte climatique estival était déterminant dans l'apparition de plusieurs grands incendies. La saison sèche a duré trois mois consécutifs et les 10 mm de précipitations qui sont tombées au mois d'août étaient insuffisantes pour palier le déficit hydrique qui était de 208 mm.

Le départ de l'incendie du 19/08/1994 (1000 ha), s'est fait dans des conditions météorologiques extrêmement favorables. En plus de l'humidité relative de l'air qui était sous la barre des 30 % entre 12h00 et 18h00, la température a franchi celle des 38 °C à partir de 13h00. Cet incendie s'est déroulé sous un vent relativement faible mais quasi-régulier durant la majeure partie de cette journée.

Les grands incendies du 20 et 21/08/1994 se sont déclarés respectivement dans un contexte météorologique quasi-identique à celui de l'incendie du 19/08/1994, c'est-à-dire, une grande chaleur, une sécheresse extrême et un vent faible.

L'incendie du 25/08/1999 a occasionné la destruction de 720 ha de végétation. Le bilan hydrique de cette même année a révélé une saison d'été particulièrement longue (05 mois) et sèche. Le mois d'août n'a connu que 2 mm de pluie et reste le mois le plus chaud et le plus déficitaire. Les conditions de température et d'humidité relative au départ de cet incendie étaient extrêmement favorables et le végétal ne peut résister à de telles conditions de chaleur et de sécheresse et succombe à la moindre flamme.

L'activité du vent n'a connu que 25 % d'accalmie, ce qui montre le rôle de ce dernier dans la progression de ce feu.

Suivant les critères d'ELEPHANT et WAKIMOTO (1981) *in* BARDAJI et *al.*, (1998), un jour critique pour un grand événement de feu correspond à l'une de ces deux catégories:

- Température > 27 ° C, vitesse du vent > 15 km / h, et teneur en humidité du combustible <7 % pendant 10 heures de temps ;

- Vitesse du vent > 25 km / h et la teneur en humidité du combustible <7% pendant 10 heure de temps.

La majorité des grands feux sélectionnés pour l'étude portant sur la Kabylie maritime ont eu lieu sous des températures moyennes journalières supérieures à 30°C (figure 5.29) et sous des vents à vitesses moyennes journalières inférieures ou égales à 10 km/h et à vitesses moyennes maximales ≥ 25 km/h.

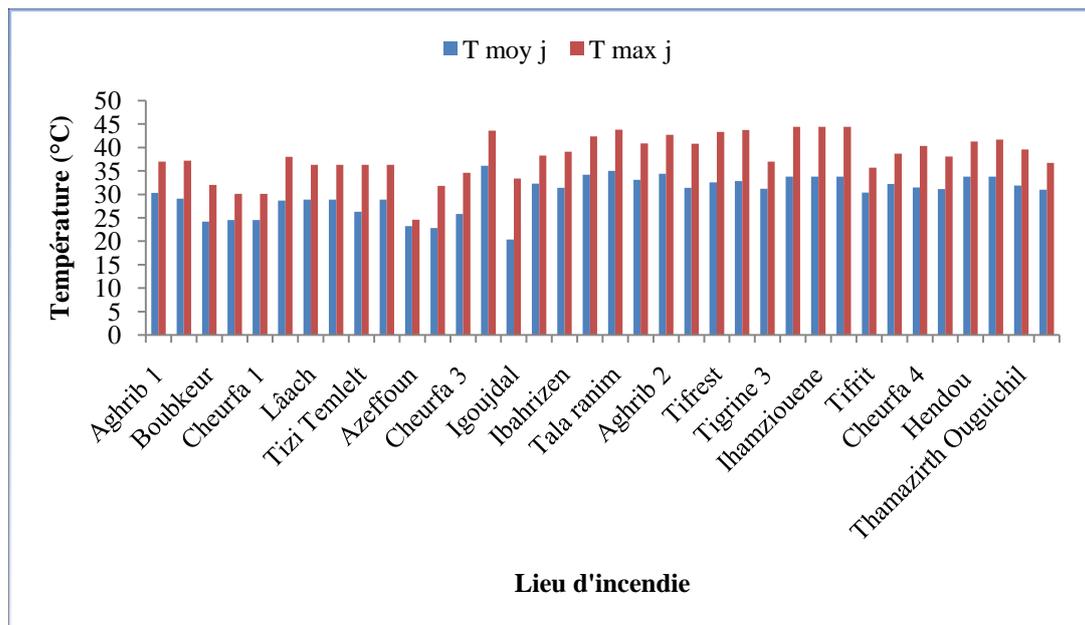


Figure 5.31 : Comparaison des valeurs moyennes et des valeurs maximales journalières de température

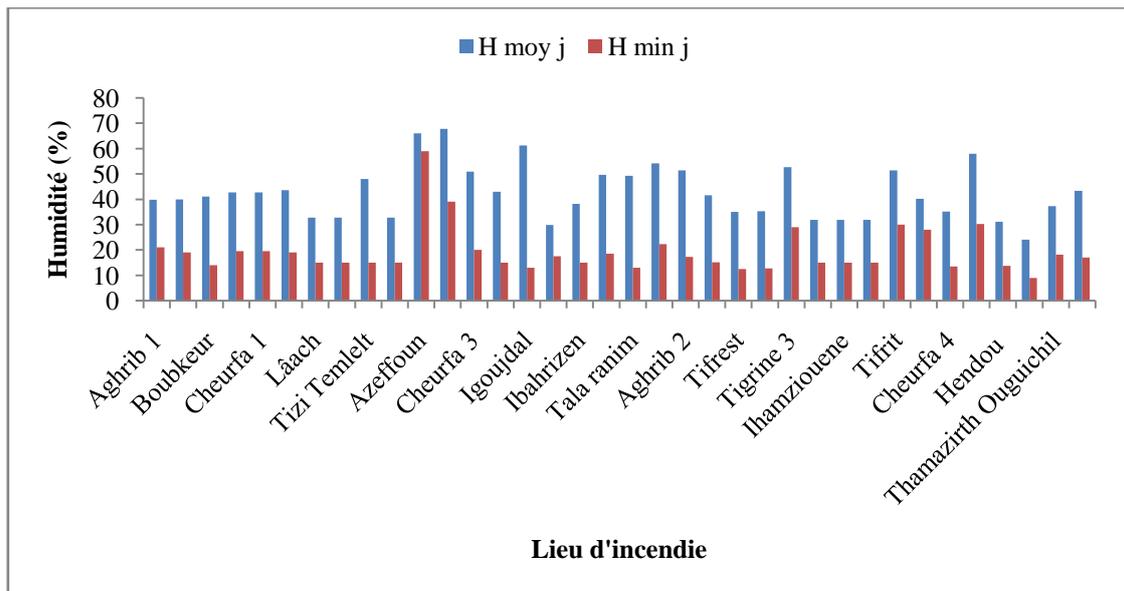
Dans notre cas, l'humidité du combustible n'est pas connue, mais les valeurs de l'ETP et du déficit hydrique de la saison estivale laissent penser que la végétation souffre d'un stress hydrique quasi-permanent, sachant que les seuls apports en eau possibles résultent des variations nocturnes-diurnes de l'humidité de l'air, car les pluies sont quasi-inexistantes durant la période juillet-août.

Les valeurs moyennes minimales de l'humidité relative de l'air observées durant les journées de ces grands feux sont de l'ordre de 19,5 %. La coïncidence de ces valeurs minimales d'humidité relative avec le départ des incendies n'est pas systématique. Néanmoins, la moitié des départs de feux ont lieu lorsque l'humidité relative était à son plus bas niveau. La valeur moyenne d'humidité relative au moment de leurs départs est d'environ 25 %.

Il ressort que les journées qui ont connu les grands incendies présentent des écarts très importants entre les valeurs moyennes journalières et les valeurs moyennes mensuelles et pluriannuelles. Les écarts entre les moyennes journalières et les moyennes mensuelles sont

particulièrement importants pour les incendies du 26 septembre 1992 à savoir ceux de Lâach, Aït Youcef et Tizi Temlelt et sont également importants pour l'incendie d'Agouni Moussi du 25 août 1999. L'humidité moyenne journalière de ces incendies est inférieure à 40 % (figure 5.32) sauf pour ceux de septembre 1993. Ceci n'est qu'un élément attestant de la sécheresse qui avait sévi durant les journées qui ont connu ces grands feux.

Les taux d'humidité relative aux moments du départ de la quasi-majorité des incendies sont inférieurs aux valeurs moyennes journalières.



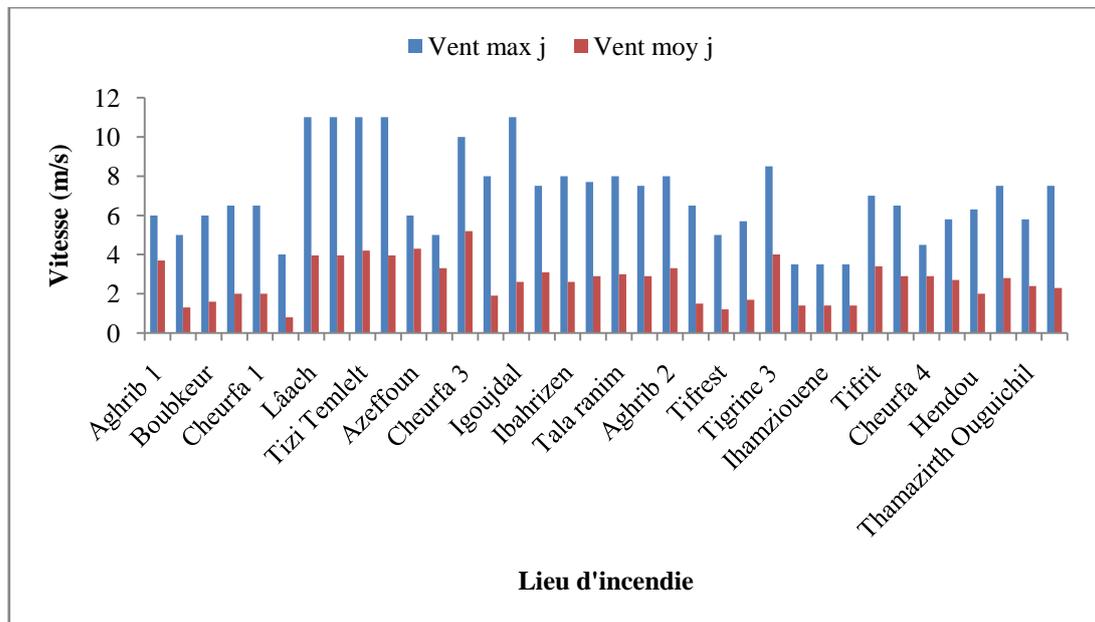
**Figure 5.32:** Comparaison des valeurs moyennes et des valeurs maximales journalières d'humidité relative

La comparaison entre les valeurs moyennes minimales mensuelles et les valeurs moyennes minimales pluriannuelles d'humidité relative, a également, montré des écarts considérables notamment pour les incendies de l'année 1992 et ceux de l'année 1994. De cette comparaison ressort que ces années là ont connu des étés particulièrement secs du point de vue hygrométrique ce qui peut être associé à l'existence de ces grands feux.

Il est vrai que la vitesse moyenne journalière du vent ne dépasse pas les 10 km/h durant les grands incendies de la Kabylie maritime (figure 5.33). Néanmoins, des vitesses supérieures à 20 km/h (6 m/s) ont été enregistrées sur plusieurs heures pour la majorité des journées qui ont connu de grands incendies.

La vitesse moyenne du vent est plus importante pour les incendies du 26/09/1992 (Lâach, Aït Youcef et Tizi Temlelt) et ceux de septembre 1993 (Cheurfa et Iguer n'Salem).

L'action du vent est moindre pour les incendies de l'été 1994, mais largement compensée par les très hautes températures.



**Figure 5.33:** Comparaison des valeurs moyennes et des valeurs maximales journalières de vent

Ces incendies sont des évènements indépendants les uns des autres, mais ils ont comme dénominateur commun la rigueur et la sévérité des conditions météorologiques à très court terme.

Leur départ ne se produit pas forcément sous des conditions extrêmes, c'est l'évolution de ces conditions au cours de la journée qui détermine l'ampleur finale. D'après BARDAJI et al., (1998), le potentiel de survenance d'un grand feu de forêt nécessite la coexistence de trois conditions à savoir ; une condition synoptique qui renforce la probabilité qu'un feu moyen devienne grand, une faiblesse de la teneur en eau du combustible végétal et un niveau élevé de l'indice de risque d'incendie de forêt impliquant la température de l'air, le vent et la teneur en humidité du combustible des 10 heures précédant le départ du feu.

Une condition synoptique potentielle qui mène à de grands incendies doit être associée à un état hydrique relativement dramatique du combustible à la fois vivant ou mort (BARDAJI et al., 1998).

#### **5.5.4 Détermination des différentes situations météorologiques conduisant aux grands incendies en Kabylie maritime**

Après avoir étudié les conditions météorologiques de quelques cas de grands incendies, nous avons décidé de réaliser une analyse en composantes principales et une classification ascendante hiérarchique impliquant les valeurs minimales pour l'humidité et la réserve d'eau du sol et les valeurs maximales pour le vent et la température ainsi que la surface parcourue de chaque feu. Nous espérons, ainsi, parvenir à déterminer les combinaisons météorologiques possibles qui permettent aux incendies de parcourir de grandes surfaces dans les cinq communes choisies au préalable en Kabylie maritime.

Les 36 incendies sélectionnés précédemment ont parcouru des surfaces allant de 100 à 1000 ha. Chaque incendie est décrit par sa surface, la température maximale, la vitesse maximale du vent et l'humidité relative minimale de l'air de la journée, ainsi que la réserve d'eau du sol à l'échelle du mois.

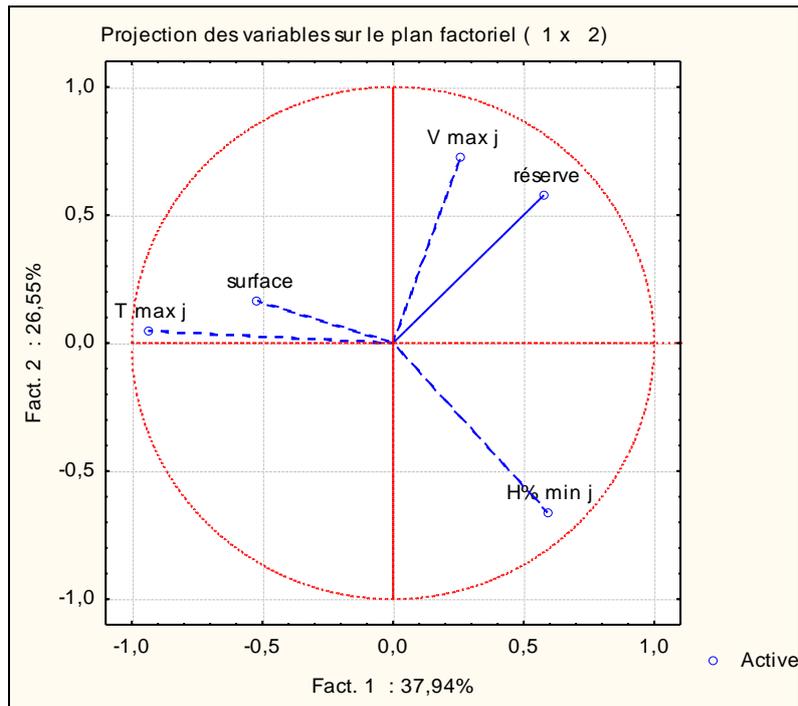
Le traitement statistique est réalisé à l'aide des logiciels R et de Statistica. Le recours à une analyse en composantes principales (ACP) est intéressant puisqu'il permet d'expliquer la variance des individus et des variables. L'ACP permet également de visualiser la structure des corrélations qui existent entre les différentes variables, ce qui aide à la perception précise des phénomènes. Une ACP peut être fiable dans la description des relations entre les variables en projetant les individus sur un plan. Néanmoins, l'ACP doit être complétée avec une classification, dont l'avantage réside dans les corrections apportées dans les distorsions des projections factorielles en appréhendant les individus tels qu'ils sont dans la réalité et non tels qu'ils apparaissent en projection.

##### -Analyse en composantes principales

Les variables réserve, vent max, surface, température max et humidité min sont représentées dans la figure 5.34. Il ressort des résultats de l'ACP que la variable humidité min a un comportement opposé à la variable surface, c'est à dire que plus l'humidité de l'air est faible, plus la surface incendiée est importante. La variable réserve a également un comportement semblable à celui de l'humidité min, ce qui permet d'admettre l'existence d'une influence de la réserve d'eau du sol sur la surface incendiée.

La surface et la température max ont un comportement quasi-similaire, ce qui signifie que les hautes températures peuvent avoir un effet sur l'avènement des grands feux.

Les deux facteurs 1 et 2 permettent d'expliquer 64,49 % de la variance.



**Figure 5.34:** Analyse en composantes principales des grands incendies en Kabylie maritime, représentation graphique des variables (Facteur 1 et Facteur 2).

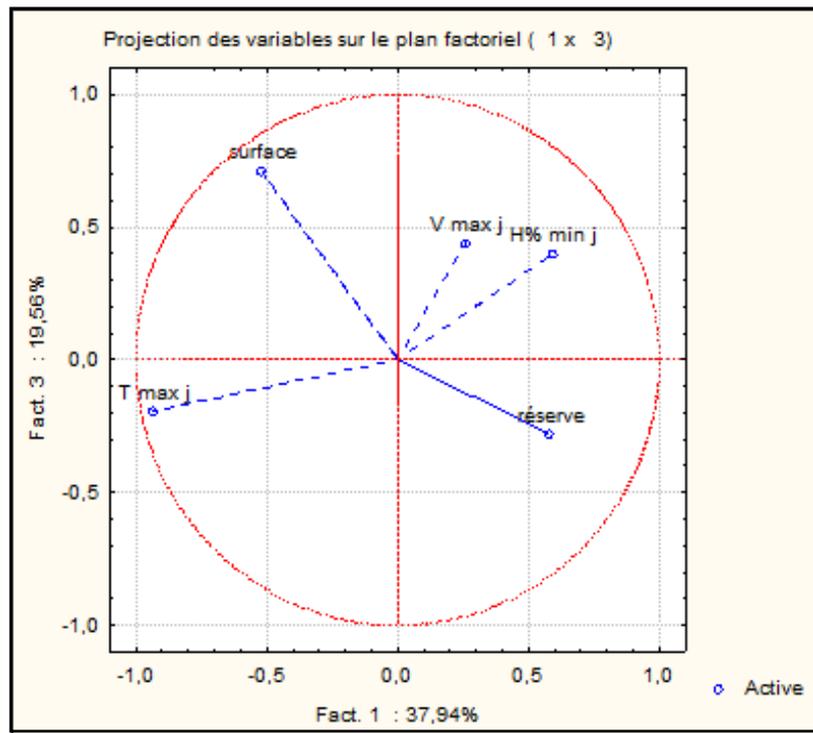
Pour mieux étudier les relations entre les variables, il est intéressant d'utiliser les trois facteurs, c'est-à-dire, en plus des facteurs 1 et 2, on tiendra compte également du facteur 3 pour expliquer le maximum de variance (valeurs propres respectives des trois axes > 1).

La figure 5.35 représente l'analyse en composantes principales des variables surface, humidité min, vent max, température max et réserve dans le plan 1x3.

Les variables surface et réserve ont clairement des comportements qui s'opposent. L'effet que peut avoir la faiblesse de la réserve d'eau du sol sur l'augmentation des surfaces incendiées lors des grands feux, est mieux mis en évidence dans la figure 5.35.

En outre, le comportement de l'humidité minimale qui semble suivre celui de la réserve d'eau du sol pendant les grands feux, renseigne sur la probabilité élevée d'avoir de grands incendies pendant les épisodes de sécheresse extrême.

Les facteurs 1 et 3 expliquent 57,5 % de variance.

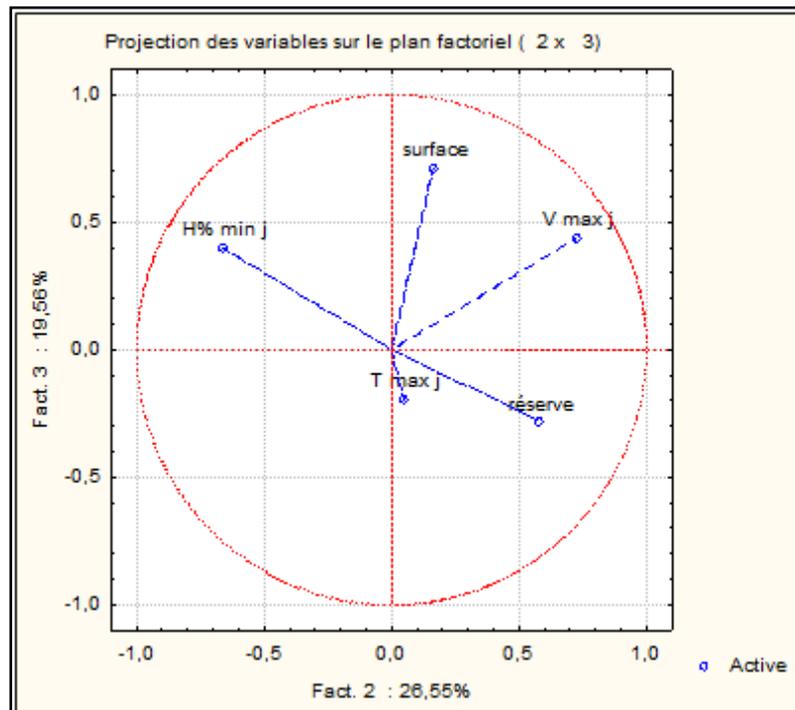


**Figure 5.35:** Analyse en composantes principales des grands incendies en Kabylie maritime, représentation graphique des variables (Facteur 1 et Facteur 3).

La figure 5.36 représente l'analyse en composantes principales des variables surface, humidité min, vent max, température max et réserve sur le plan 2x3.

Ce résultat montre que les variables vent max et la surface ont un comportement relativement semblable. Ceci montre que la présence d'un vent fort peut avoir un certain effet sur la surface incendiée et par conséquent, sur l'avènement d'un grand feu.

Les trois axes factoriels ont permis d'expliquer 84,05 % de variance pour les cinq variables considérées et d'après les différentes analyses en composantes principales, la surface incendiée, qui est un critère important dans la caractérisation d'un feu de forêt, dépend étroitement des hautes températures, de la sécheresse atmosphérique, de la faiblesse de la réserve d'eau du sol et des vents forts.



**Figure 5.36:** Analyse en composantes principales des grands incendies en Kabylie maritime, représentation graphique des variables (Facteur 2 et Facteur 3).

Ces ACP ont montré les effets possibles des hautes températures, des vents forts, d'une hygrométrie et d'une réserve faibles sur l'augmentation des surfaces incendiées. C'est aussi une mise en évidence de la pertinence de ces variables dans la détermination des différentes situations météorologiques conduisant aux grands incendies en Kabylie maritime, à travers la réalisation d'une classification ascendante hiérarchique (CAH).

#### -Classification ascendante hiérarchique

Les variables exploitées pour la réalisation de cette classification sont les mêmes que pour l'analyse en composantes principales. Chaque incendie est décrit par sa surface, la température max, le vent max, l'humidité min et la réserve d'eau du sol.

Les incendies sont identifiés par le nom de leurs lieux de départ (voir tableau 5.1, page 180). Nous avons remplacé les 36 noms d'incendies par des numéros pour faciliter la lecture des résultats sur le Dendrogramme. Un numéro est, ainsi, attribué à chaque incendie en respectant l'ordre du tableau 5.1 de haut en bas. Exemple : incendie d'Aghrib, premier de la série → N° 1. Incendie de Cheurfa, dernier de la série → N° 36.

Les correspondances entre les codes et les noms des lieux d'incendies sont données dans l'annexe 24.

Six classes sont définies par le logiciel R (figure 5.37). Elles se répartissent comme suit :

Classe 1 : incendies 4, 5, 28, 12, 10, 35, 1, 9, 11, 34, 32, 2, 19, 36, 3 et 13

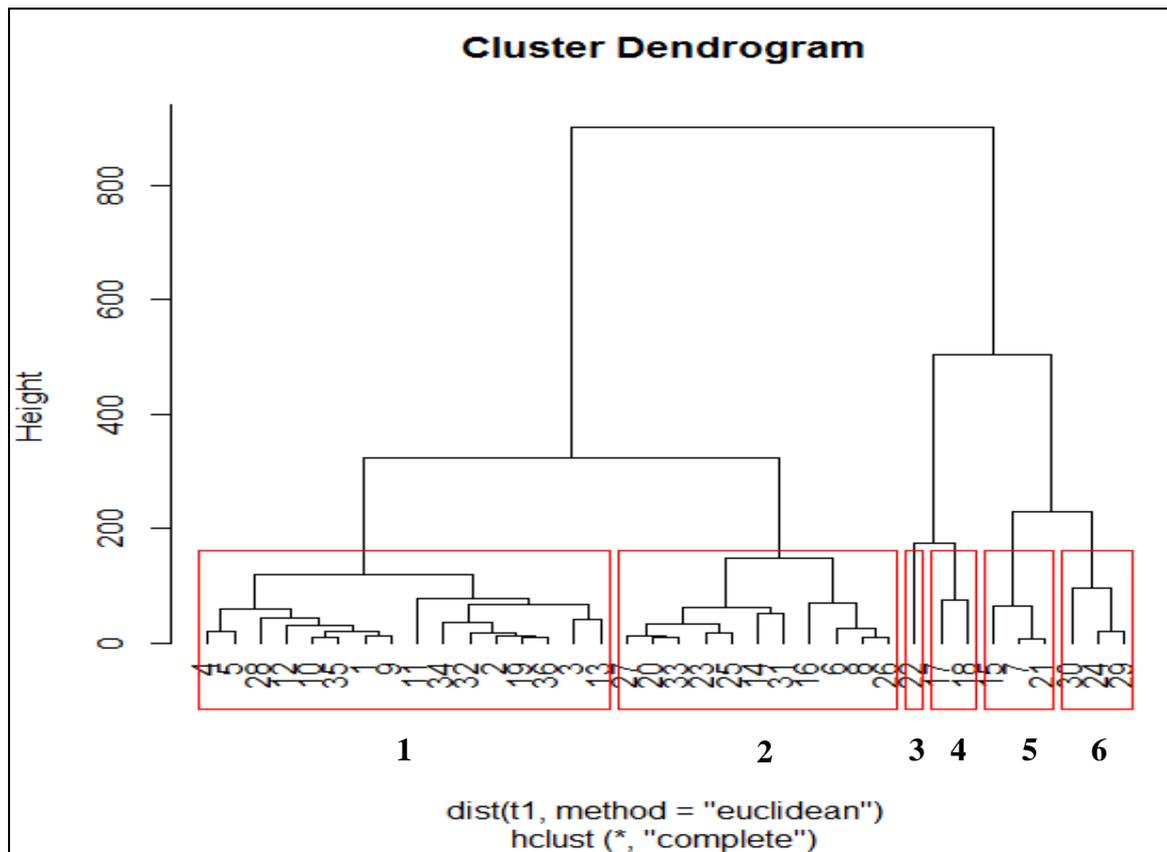
Classe 2 : incendies 27, 20, 33, 23, 25, 14, 31, 16, 6, 8 et 26

Classe 3 : incendie 22.

Classe 4 : incendies 17 et 18

Classe 5 : incendies 15, 7 et 21

Classe 6 : incendies 30, 24 et 29.



**Figure 5.37** : Dendrogramme de la classification ascendante hiérarchique des 36 grands incendies.

#### Analyse des classes :

Des disparités significatives entre les classes sont décelées. Les valeurs moyennes des variables notamment le vent max, la réserve, l'humidité relative et la surface varient considérablement entre les classes. Les valeurs de la température maximale restent très proches les unes des autres, exceptés pour la classe 1 où la température maximale avoisine les 35,9 °C. Les hautes températures peuvent être considérées comme le dénominateur commun de ces grands feux.

La classe 1, regroupe les incendies dont la surface n'est pas très importante avec des conditions relativement sévères. La classe 2, représente les incendies dont la surface est relativement importante avec des conditions sévères.

Les classes 3 et 4 représentent les incendies dont la surface est très importante avec des conditions extrêmes.

Les classes 5 et 6 représentent les incendies dont la surface est très importante avec des conditions très sévères.

**Tableau 5.11** : Classification de 36 grands incendies de Kabylie maritime

<b>Classe</b>	<b>Humidité (%)</b>	<b>T° max (°C)</b>	<b>Vent max (Km/h)</b>	<b>Réserve (mm)</b>	<b>Surface (ha)</b>
<b>1</b>	21,46	35,89	25	19,53	149,43
<b>2</b>	16,85	41	24	10,95	325,5
<b>3</b>	15,1	40,8	23	6,5	1000
<b>4</b>	16,75	40,75	28	6,5	862,5
<b>5</b>	15,76	38,43	36	7,63	500
<b>6</b>	23,56	39,36	22	6,83	658,33

- **Interprétation**

Vu les rapprochements existants entre les classes 3 et 4, 5 et 6 en termes de conditions favorables au feu, quatre combinaisons de conditions permettant l'apparition des grands feux peuvent être déterminées et qui correspondent à une sorte de gradient de sévérité: conditions relativement sévères, sévères, très sévères et extrêmes.

Les conditions météorologiques permettant le développement de grands incendies en Kabylie maritime se présentent comme suit :

- Température (moyenne journalière) > 30 °C, avec des pics de 38 °C ;
- Vitesse du vent (moyenne journalière) > 11 Km/h, avec des pics de 25 km/h ;
- Humidité relative de l'air (moyenne journalière) < 42 %, avec des minimales de 19 % ;
- Réserve d'eau du sol (moyenne mensuelle) < 16 mm.

Ces valeurs moyennes constituent le seuil à partir duquel des incendies à fort potentiel de développement vers de grands incendies apparaissent. La probabilité évolue en fonction de l'évolution des conditions météorologiques à l'échelle de la journée.

La catégorie des grands incendies qui apparaissent en présence de conditions extrêmes, est caractérisée par des surfaces incendiées qui sont trois, voire, quatre fois plus importantes que la catégorie des grands incendies qui apparaissent dans des conditions relativement sévères.

Il apparaît clairement que les grands incendies nécessitent tous une forte chaleur comme caractère commun et obligatoire, mais l'importance des surfaces incendiées est plutôt conditionnée par une hygrométrie et une réserve d'eau du sol, extrêmement faibles.

D'après les résultats obtenus, les grands feux enregistrés en Kabylie maritime ne se sont pas systématiquement développés dans des conditions exceptionnelles de vents violents. Les vitesses enregistrées sont relativement fortes, voire modérées.

D'après VIEGAS et *al.*, (1991), les variations météorologiques temporelles à différentes échelles de temps affectent à la fois l'éclosion et le comportement de l'incendie. Cette influence s'effectue principalement par le biais de la variation de la teneur en humidité du combustible et des propriétés du vent.

Selon BARDAJI et *al.*, (1998), les facteurs météorologiques ont tendance à s'associer avec de grands épisodes de feux. Les conditions synoptiques à l'échelle hebdomadaire (baisse sensible de la teneur en eau du combustible vivant et un niveau élevé de l'indice de risque incluant la température de l'air) sont liées à l'évolution des grands incendies.

Les conditions synoptiques peuvent jouer un rôle prépondérant, en particulier lors des événements extrêmes d'incendies, qui ont été associés à des profils de vent typiques (BROTAK et REIFSNYDER 1976; BROTAK et REIFSNYDER 1977; BROTAK 1991) et à l'instabilité atmosphérique (HAINES 1988, *in* MARZANO et *al.*, 2006).

Selon CARREGA (2005), il y a superposition de deux phénomènes qui évoluent à des pas de temps différents qui font la recette des étés à gros incendies : rapide (heure par heure) pour la température, l'humidité et le vent, lent (semaine après semaine) pour le dessèchement du sol.

En Kabylie maritime, la teneur en eau du combustible est fortement modifiée par l'arrivée des flux d'air chaud qui remonte depuis le Sahara vers les côtes sud de la méditerranée et qui, parfois, atteint facilement la rive nord. C'est dans ces conditions exceptionnelles de chaleur et de sécheresse que les grands incendies ont plus de chances d'exister.

## **Conclusion**

L'analyse des conditions météorologiques de certaines journées à grands feux a révélé des variations importantes de ces dernières à l'échelle horaire. En effet, l'humidité relative de l'air enregistre une baisse sensible et les températures atteignent des valeurs extrêmes. Ces

dernières présentent des valeurs moyennes journalières anormalement élevées par rapport aux valeurs moyennes mensuelles ou pluriannuelles de référence durant les journées à grands feux. L'action du vent est déterminante pour certains incendies de fin d'été et de début d'automne. Son effet n'est pas constaté de façon systématique, surtout pour les incendies de l'été 1994, l'année où des records de températures sont enregistrés.

Le volume annuel des précipitations n'a pas d'effet direct sur l'occurrence des grands incendies à travers le remplissage de la réserve d'eau du sol. Cette dernière atteint un très bas niveau durant l'été quelle que soit la quantité de pluie tombée durant les trois saisons précédentes (automne, hiver et printemps).

La réserve d'eau du sol est incapable de satisfaire les besoins des plantes en période d'été, par conséquent, la végétation devient très inflammable au fil du temps et reste conditionnée par l'absence de pluies. L'inflammabilité culmine vers la fin de l'été et au début de l'automne. Cette période constitue le moment idéal pour le développement de grands incendies en Kabylie maritime. Toutefois, en dépit de la sécheresse qui sévit durant l'été, les grands incendies ne sont pas associés au seul fait de la chaleur et de la sécheresse, mais ils sont, surtout, le résultat de la rigueur des variables météorologiques à court terme.

L'analyse des conditions météorologiques d'humidité relative de l'air, de température et de vent a permis de déterminer un seuil d'alerte de survenue d'un événement exceptionnel de feu. A priori, les grands feux sont associés aux grandes canicules. En effet, la stagnation des conditions de température extrêmes pendant plusieurs jours, au milieu de l'été, est une situation d'alerte et de préoccupation quant à la possibilité de l'avènement d'un feu, susceptible de menacer des centaines d'hectares de forêt et de durer plusieurs heures. En revanche, les grands incendies de fin d'été et de début d'automne ont la particularité de s'associer à des sécheresses sévères du combustible et aux variations météorologiques à très court terme. La gravité des incendies augmente strictement avec celle des conditions météorologiques. Les résultats obtenus suite à l'utilisation simultanée des deux indices de risque IFM et  $I^{87}$ , montrent que ces deux derniers ont un comportement quasi-similaire notamment pendant les moments critiques qui coïncident généralement avec les départs des incendies étudiés. Cependant,  $I^{87}$  a l'avantage d'être moins complexe que l'IFM tout en ayant quasiment la même efficacité. Suite à ces résultats, nous pouvons prétendre à l'extension du champ d'application de ces deux indices à la partie sud de la méditerranée.

## Conclusion générale et perspectives

L'objectif de cette thèse n'est autre que l'étude de la relation entre les incendies de forêts et les facteurs anthropiques et environnementaux de la Kabylie maritime. Pour ce faire, il nous a paru nécessaire de consacrer une partie importante de cette thèse à la présentation des différents aspects qui entourent la question des incendies de forêts en Algérie. En effet, les deux premiers chapitres constituent une étape indispensable pour se situer par rapport à ce qui est la réalité des incendies de forêts en Algérie et faire connaître ce terrain.

Le nombre d'incendies ne cessent d'augmenter selon les statistiques de la direction générale des forêts à l'échelle nationale pour les trente dernières années. Un léger recul des surfaces incendiées a été observé durant la dernière décennie, ce qui traduit les efforts consentis dans la lutte contre les incendies.

Le choix des questions de la présente thèse est guidé par la nécessité d'approcher la problématique des incendies de forêts sous l'angle de la systémologie ou de la multi dimensionnalité, c'est-à-dire comme un système complexe, car elle est à la fois d'ordre anthropique et environnemental ; deux compartiments indissociables lorsqu'il est question des incendies de forêts. La dimension anthropique est un volet essentiel dans l'étude des incendies de forêts, mais ce dernier n'est pas suffisamment étudié en Algérie. La plupart des études qui traitent de la question des incendies se concentrent sur l'effet de ces derniers sur la dynamique et la biodiversité de la végétation. Ce sont des questions d'un grand intérêt scientifique, car elles permettent de mesurer la gravité des incendies à travers l'impact engendré sur le plan botanique, phyto-sociologique et phytoécologique. Il est, donc, important de poursuivre cet effort afin d'identifier tous les enjeux écologiques relatifs aux feux de forêts. Néanmoins, les enjeux ne se limitent pas uniquement aux conséquences des incendies sur la végétation, mais ils concernent également l'environnement et la société dans leur ensemble. C'est pourquoi, la maîtrise des incendies de forêts est une priorité, mais pour atteindre cet objectif il y a d'abord lieu d'identifier les sources qui génèrent ces incendies et les moyens susceptibles de limiter leur prolifération et de prévenir ainsi leurs conséquences néfastes. Cependant, la difficulté d'identification des sources génératrices d'incendies réside dans l'indisponibilité des données spatiales. Pour notre étude de cas, plusieurs données ont dû être mesurées à partir de supports documentaires (cartes). Il y a donc urgence de mettre en place des dispositifs permettant la collecte des données relatives à l'espace socio-économique et à l'environnement pour permettre d'élargir le champ des études environnementales mais aussi d'approfondir la recherche des causes des incendies, car il y va de la gestion de l'environnement. Toutefois, la

variété des écosystèmes forestiers et les configurations spatiales d'utilisation et d'occupation de l'espace par l'homme en Algérie est la principale difficulté à surmonter avant de parvenir à faire parler l'espace.

Le présent travail vient pallier quelques unes des carences existantes en matière d'enquête sur les causes des incendies de forêts en Algérie et s'inscrire dans la perspective d'identification des éléments et des facteurs susceptibles de développer et de diffuser un incendie. Il est alors possible, à défaut d'une identification exacte des causes des incendies, d'orienter la recherche des sources susceptibles d'être à l'origine de la plupart d'entre eux. Ceci a été, notamment, montré par une corrélation très forte entre les incendies et la proximité des routes et des habitations. De par son relief et sa végétation, l'environnement de la Kabylie maritime offre au phénomène de l'incendie de forêt un cadre particulièrement favorable à son développement. En effet, nous avons montré l'effet de la pente topographique sur le nombre d'incendies et les surfaces incendiées, tout comme le type de formation végétale et la catégorie de route. Les incendies parcourent une surface plus grande lorsqu'ils brûlent des forêts que lorsqu'ils brûlent des maquis ou des broussailles, mais aussi ils ont tendance à se déclarer en plus grand nombre au voisinage des chemins communaux (petites routes de compagnes) que les pistes agricoles ou forestières. Le feu est, également, lié à la présence de l'habitat et à son organisation spatiale. La multiplication des résidences en milieu rural ou le mitage favoriserait l'incendie, d'autant plus que la réglementation n'oblige pas les particuliers à prendre les mesures qui limiteraient l'éclosion et la propagation du feu. Paradoxalement, les interfaces habitat/forêt et l'activité d'élevage hors-sol, ne peuvent être considérées comme les sources principales d'augmentation des incendies, comparées aux routes et à l'urbain en général dans cette étude.

Les incendies de forêts en Kabylie maritime constituent un phénomène étroitement lié aux facteurs climatiques et plus particulièrement à la chaleur et à la sécheresse de l'été et du début de l'automne. Il est très rare qu'un incendie se déclare en dehors de cette période. A l'échelle de la journée, les incendies apparaissent en début de matinée mais avec de très faibles fréquences, leur nombre culmine au milieu de la journée où les températures et l'intensité solaire sont à leur maximum, avec un nombre et une surface supérieurs aux moyennes départementales. La majorité des incendies sont de petite taille, mais il existe également une part importante d'incendies de taille moyenne, seule une infime proportion est de grande taille. Les incendies de grande taille sont directement liés à la rigueur des conditions météorologiques de certaines journées de la saison estivale, mais aussi à la longueur de la

période de sécheresse et de chaleur, à l'état de la réserve d'eau du sol et de la durée d'exposition au soleil qui augmente en été.

En effet, les facteurs environnementaux se combinent de façon à donner aux petits incendies la possibilité de devenir grands et leur gravité augmente remarquablement avec la sévérité des conditions météorologiques.

La prise en charge de la problématique des incendies de forêts en Kabylie maritime nécessite des mesures importantes, qui pourront constituer un projet pilote pour le reste des localités présentant des caractéristiques semblables. Il s'agit entre autres de :

- lancer des inventaires périodiques sur les activités économiques en rapport avec le domaine forestier et situer géographiquement les principaux points de contact homme/forêt;
- introduire les prévisions météorologiques dans la gestion du risque d'incendie de forêt et mettre en place un système d'alerte;
- mettre en place un plan de prévention du risque d'incendie de forêt (cartographie de l'aléa) pour chaque circonscription forestière, voire chaque commune ;
- mettre en place une cellule chargée de la mission d'évaluation, de suivi et de gestion du risque d'incendie de forêt au niveau local durant tout l'été ;
- adapter les dispositifs de prévention et de lutte contre le feu de forêt selon les spécificités locales ;
- réorganiser la vie rurale selon de nouvelles normes environnementales qui permettent de maintenir un équilibre durable entre les besoins et les ressources.

Par ailleurs, l'effort de la recherche doit s'orienter davantage vers la compréhension des rapports homme/forêt, en multipliant les études de cas et développer une recherche appliquée pour résoudre certaines problématiques spécifiques.

## BIBLIOGRAPHIE

- **ALEXANDER M. et al., 1986** : Manuel de foresterie (gestion du feu en forêt). pp 1079-1102.
- **ALEXANDRIAN D., RIGOLOT E., 1992** : Sensibilité du pin d'Alep à l'incendie. Forêt Méditerranéenne t. XIII, n° 3. Juillet 1992. pp 185-197.
- **ALEXANDRIAN D., 1982** : Estimation de l'inflammabilité et de la combustibilité de la végétation. CEMAGREF, BI n° 288, Janvier 1982. pp 31-39.
- **ARFA A.M.T., 2008** : Les incendies de forêts en Algérie: stratégies de prévention et plans de gestion, Mémoire de Magister en écologie végétale et environnement. Université de Constantine, 124 p.
- **ARPACI A., EASTAUGH C.S., and VACIK H., 2013** : Selecting the best performing fire weather indices for Austrian ecoregions, 14 p. (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/mesh/?term=Selecting+the+best+performing+fire+weather+indices+for+Austrian+ecoregions%2C>).
- **BADIA A., SAUR D., CERDAN R. and LLURDES J.C, 2001**: Causality and management of forest fires in Mediterranean environments: an example from Catalonia, Environmental Hazards 4 (2002), pp 23-32.
- **BARDAJI M., MOLINA D.M. et CASTELLNOU M., 1998**: Probability of large fires: Structural and meteorological components. Third international conference on forest fire research. 14e conference on fire and forest meteorology. Vol. 1, Luso, 16/20 November, 1998, pp. 959-974.
- **BEKDOUCHE F., 2010** : Évolution après feu de l'écosystème subéraie de Kabylie (Nord algérien). Thèse de Doctorat d'État en Sciences Agronomiques. Option : écologie forestière. Université Mouloud Mammeri, Tizi Ouzou, 175 p.
- **BEKDOUCHE F., 1997** : Évolution de la végétation et du sol superficiel d'une subéraie après feu : cas de la forêt de MIZRANA (TIZI OUZOU), Mémoire de Magister, UMMTO.
- **BELKAID H., 2009** : Incendies de forêt : un risque ou des risques. Mémoire de Master en Géographie. Risques environnementaux et vulnérabilités sociales. Université de Paris VIII, 71 p.
- **BENLEMALEM Y., 1981** : Contribution à l'étude des feux de forêts, cas de la wilaya de Tizi Ouzou, Mémoire d'ingénieur en agronomie. INA. El Harrach. 81 p.

- **BENNOUR A. et TIMSIT H., 2000** : Contribution à l'étude pyrologique des espèces forestières de la région d'Azzefoun (Tizi Ouzou). Mémoire d'ingénieur d'État, Institut agronomique, Université Mouloud Mammeri, Tizi- Ouzou, 69 p.
- **BENSLIMANE M., HAMIMED A., EI ZEREY W., KHALDI A. et MEDERBAL K., 2008**: Analyse et suivi du phénomène de la désertification en Algérie du nord. Vertigo ; revue électronique en sciences de l'environnement, [en ligne] Vol. 8, numéro 3 décembre 2008 (<http://vertigo.revues.org>).
- **BESSAOUD O., 2006** : La stratégie de développement rural en Algérie. CIHEAM - IAM de Montpellier. Options Méditerranéennes, Série. A / n°71, pp 79-86.
- **BILLAND A., 1985** : L'efficacité de la défense des forêts contre l'incendie dans le département des Landes, Union Landaise des ASC de Défense Forestière Contre Incendies. Bordeaux 1985, EUFIRELAB.
- **BLANCHI R., 1996** : Proposition d'une méthode d'évaluation de risque incendie de forêt appliquée à la commune de VLABONNE, DEA Milieux physiques méditerranéens, Université de Nice, 74p.
- **BOUDY P., 1955** : Économie forestière nord africaine, Tome IV, Description forestière de l'Algérie et de la Tunisie. Edition Larose Paris. 483 p.
- **BOUDY P., 1948** : Économie forestière nord africaine. Milieu physique et humain. Tome I. Paris : Larose.
- **BOVIO G. and NOSENZO A., 1994**: Comparison between methods of forecasting danger of forest fires, 2<sup>nd</sup> international conference forest fire research. Coimbra, November 1994. Vol. II, CP 23. pp 747-758.
- **BRANKA S., 2001** : Étude comparée des incendies de forêts et de leur prévention dans les départements du Var et des Landes. Mémoire de fin d'études, université de Cergy-Pontoise ([http://mediaforest.net/incendie/memoire\\_prevention.pdf](http://mediaforest.net/incendie/memoire_prevention.pdf)).
- **BROTAK E.A., 1991**: Low-level temperature, moisture and wind profiles preceding major wildland fires. Proceedings 11th Conference on Fire and Forest Meteorology, Missoula, pp 503-510.
- **BROTAK E. A. and REIFSNYDER E., 1977**: Predicting major wildland fire occurrence, Fire Management Notes, pp 5-8.
- **BROTAK E.A. and REIFSNYDER E., 1976**: Synoptic study of the meteorological conditions associated with extreme wildland fire behavior. Fourth National Conference on Fire and Forest Meteorology, St Louis, pp 66-69.

- **BRUGNOT G., 2001** : Gestion spatiale des risques. Éditions Hermes Sciences, pp 145-179.
- **CARREGA P., 2006** : Mesures détaillées des vents générés dans le champ naturel du feu. Premières conclusions des expériences menées dans les Alpes-Maritimes (France) 2004-2006. Université de Nice, BP 3209, 06204 Nice cedex 3, France.
- **CARREGA P., 2005** : Le risque d'incendie en forêt méditerranéenne semi-urbanisée : le feu de Cagnes-sur-Mer (31 août 2003). Belin. L'Espace géographique 2005/4 - Tome 34, pp 305 – 314.
- **CARREGA P., 1994** : Analyse spatiale quantitative et appliquée, Topoclimatologie et Habitat. Revue de Géographie du laboratoire d'analyse spatiale Raoul Blanchard, UFR Espaces et Cultures, Université de Nice Sophia Antipolis. 373 p.
- **CARREGA P., 1992** : Vers une évaluation intégrée du risque incendie de forêt. Actes de colloque international « le feu : avant-après » Nice- Mai 1992, Revue d'analyse spatiale quantitative et appliquée. Laboratoire d'analyse spatiale, Université de Nice-Sophia Antipolis. 49 p.
- **CARREGA P., 1988** : Une formule améliorée pour l'estimation des risques d'incendie de forêt dans les alpes maritimes. Revue d'analyse spatiale quantitative et appliquée, Nice, numéro 24, 7 p.
- **CHEVROU R., 2005** : Pourquoi les incendies de forêt sont-ils si meurtriers ? EDP Sciences. 201 p.
- **CHUVIECO E. and MARTIN M.P., 1994**: Global fire mapping and fire danger estimation using AVHRR images. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing. 60(5): 563-570.
- **CLEMENT V., 2005** : Les feux de forêt en Méditerranée : un faux procès contre Nature. L'Espace géographique, 2005/4 Tome 34, pp 289-304.
- **DAGORNE A., DUCHE Y., CASTEX J.M. et OTTAVI J.Y., 1994** : Protection des forêts contre l'incendie et système d'information géographique. Forêts méditerranéennes t. XV, n ° 4, Octobre 1994, pp 422-425.
- **DAGORNE A. et MAHROUR M., 1984** : Télédétection spatiale et multi-spectrale et cartographie de l'utilisation du sol en Kabylie (Algérie) : carte infographique d'Azazga. Travaux d'Analyse spatiale Raoul Blanchard, Université de Nice, pp 35-68.
- **DEBEAUX J.O., 1894** : Flore de la Kabylie du Djurdjura, ou catalogue méthodique et raisonné de toutes les plantes vasculaires et spontanées observées jusqu'à ce jour

dans cette contrée. Extrait de la Revue botanique, bulletin mensuel de la Société française de botanique, n° de janvier 1893 à avril 1894. 468 p.

- **DE CRESCENZO J., 2007** : Chroniques Tizi Ouziennes 1844-1914. Éditions Alpha. 496 p.
- **DELABRAZE P., 1990** : Les incendies d'espaces forestiers. In : *Universalia 90. Supplément annuel* (pp 237-240). Paris, FRA: Encyclopedia Universalis.
- **DELVAUD P., 1981** : Le feu, outil sylvicole ? Utilisation pratique des données. Mémoire de 3<sup>ème</sup> année. p 91 + Annexes.
- **DESROCHES J. 2013** : Calcul de l'indice forêt-météo.  
(<http://meteocentre.com/forums/topic/8203-calcul-de-lindice-foret-meteo/>)
- **DIMITRAKOPOULOS A., 1994**: Analysis of Forest Fire Causes in Greece. Edition of M.A.I. of Chania, Greece.
- **DROUET J.C., 1982**: Nouveaux éléments pour la prévision automatique des risques d'éclosion et de propagation des feux de forêts. Lutter 1982.
- **DROUET J.C. et SOL B., 1993** : Mise au point d'un indice numérique de risque météorologique d'incendies de forêts. Association forêts méditerranéennes t. XIV, n° 2, avril 1993. pp 155-162.
- **Défense de la Forêt Contre l'Incendie (D.F.C.I), 2002** : L'hydraulique au service de la protection des forêts contre les incendies. Rapport d'étude, SCPid-inventaire des matériels hydrauliques appliqués à la D.F.C.I, Avril 2002. 63 p.
- **DUPUY J.L., 2000** : Les apports possibles de la physique du feu à la conception et à l'entretien des coupures de combustible. INRA, Unité de Recherches Forestières Méditerranéennes, Équipe de Prévention des Incendies de Forêt, Avignon, Forêt Méditerranéenne t, XXI, n° 4, Décembre 2000, pp 497-510.
- **FICHEUR E., 1890** : Kabylie du Djurdjura. Étude spéciale des terrains tertiaires. Imprimerie Pierre Fontana et Cie, Alger. 454 p.
- **FLEUR P.H., 2003** : Incendies de forêts et argent public. Éditions EDISUD, 191 p.
- **Food and Agriculture Organization (FAO), 2010** : Évaluation des ressources forestières mondiales. Résultats principaux, Rapport, 12 p.
- **Food and Agriculture Organization (FAO), 2009**: Situation des forêts du monde, Rome 2009. Rome, Italy.152 p. (<http://www.fao.org/docrep/011/i0350f/i0350f00.htm>)

- **Food and Agriculture Organization (FAO), 2007:** Fire management global assessment 2006. Forestry Paper 151. Rome, Italy, 156 p.  
(<http://www.fao.org/docrep/009/a0969e/a0969e00.htm>)
- **Forest Outlook Study for Africa (FOSA), 2001 :** l'étude prospective du secteur forestier en Afrique, Algérie, 60 p. (<http://www.fao.org/3/a-x6771f.pdf>)
- **FOX D.M., MARTIN N., CARREGA P., ANDRIEU J., ADNES C., EMSELLEM K., GANGA O., MOEBIUS F., TORTOROLLO N., and FOX E.A., 2014 :** Increases in fire risk due to warmer summer temperatures and wildland urban interface changes do not necessarily lead to more fires, 12 p.  
(<https://researchgate.net>)
- **GHAZI A., 2009 :** Rapport national de réflexion sur le secteur des forêts (atténuation), Programme des Nations Unies Pour le Développement. 21p.
- **GALTIE J.F., 2006 :** La gestion des risques : le cas des incendies de forêts.  
(<http://www.canal-u.tv/?redirectVideo=833>)
- **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, Archives ouvertes, 22 p.
- **GILLON D. et TRABAUD L., 1997 :** État des connaissances sur l'impact des incendies, mise en place de protocoles expérimentaux, pour le suivi des incendies de forêt et de la reconstitution des écosystèmes forestiers [en ligne], 58 p.  
(<http://www.incendies-de-foret.org/>).
- **GRIM S., 1989 :** Pré-aménagement et protection des forêts contre l'incendie. In : Le pré aménagement forestier. Ministère de l'Hydraulique d'Algérie et Unité des Eaux et Forêts de l'Université catholique de Louvain-la-Neuve. Belgique. Vol. 1, pp 271-289.
- **GRISHIN A.M. and FILKOV A.I., 2011:** A deterministic probabilistic system for predicting forest fire hazard, Fire Safety Journal 46 (2011) pp 56-62. Science Direct.
- **HAOUCHINE S., 2001 :** Recherche sur la faunistique et l'écologie des macro-invertébrés des cours d'eau de Kabylie. Mémoire de Magister en sciences biologiques, Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou, Algérie. 116 p.
- **HARCHAOUI A., 2003 :** Contribution à l'étude des principales causes de l'intensité des incendies dans la commune d'Azeffoun. Mémoire ingénieur d'État en Biologie, Université Mouloud Mammeri, 62 p.

- **ICONA, 1988** : Experimentación de un nuevo sistema para determinación del peligro de incendios forestales derivado de los combustibles. Instrucciones de calculo, ICONA, Area de Defensa contra Incendios Forestales, Madrid.
- **KAZI TANI C., LE BOURGEOIS T. et MUNOZ F., 2010** : Contribution à l'étude des communautés d'adventices des cultures du secteur phytogéographique oranais (Nord-ouest algérien) : aspects botanique, agronomique et phytoécologique. AFPP vingt et unième conférence du Columa. Journées internationales sur la lutte contre les mauvaises herbes, Dijon 8 et 9 décembre 2010, 11 p.
- **LAMPIN C., JAPPIOT M. et FERRIER J.P., 2011** : Modélisation du risque incendie de forêt dans les interfaces habitats-forêts. La revue irstea, Sciences, Eaux et Territoires. Article hors série numéro 3. 12 p.
- **LEBARIER E. et MARY-HUARD T., 2004** : Le critère BIC : fondements théoriques et interprétation, Rapport de recherche n° 5315- Septembre 2004-16p.
- **LEBOURGEOIS F., 2010** : Cours de bioclimatologie à l'usage des forestiers. Département SIAFEE – UFR FAM – AgroParisTech-ENGREF – Nancy – Mai, pp 51/250.
- **LEFEBVRE H., 1900** : Les forêts de l'Algérie. Alger, 1900.
- **MADOUI A., 2003** : La forêt algérienne. Association internationale Forêt Méditerranéenne, Bulletin d'information n° 11, pp 4-5.
- **MADOUI A., 2002** : Les incendies de forêt en Algérie. Historique, bilan et analyse. Revue de la Forêt Méditerranéenne t. XXIII, n° 1, pp 23-30.
- **MAIRE R., 1926** : Notice de la carte phytogéographique de l'Algérie et de la Tunisie. Éditions Baconnier - Alger. 78 p.
- **MARSDEN-SMEDLEY J.B. and CATCHPOLE W.R., 1995 a**: « Fire behaviour modelling in Tasmania buttongrass moorlands. I. Fuel characteristics »; International Journal of Wildland Fire; Vol. 5, N° 4 ; pp. 203-214.
- **MARZANO R., BOVIO G., GUGLIOMET E., CAMIA A., DESHAYES M., LAMPIN C., SALAS J., MARTÍNEZ Jesus., MOLINA D., GERONIMO N., CARREGA P., FOX D., SABATÉ S., VAYREDA J., MARTÍN P., MARTÍNEZ J., VILAR L., CONESE C., BONORA L., TSAKALIDIS S., GITAS I., KARTERIS M., 2006**: Wildland Fire Danger and Hazards: a state of the art, final version. EUFIRELAB ([www.eufirelab.org](http://www.eufirelab.org)).

- **MEDDOUR R., 2010 :** Biogéographie, phytogéographie et phytosociologie en Algérie. Exemple des groupements forestiers et pré-forestiers de la Kabylie Djurdjurienne, Thèse d'État en sciences agronomiques, Université. Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou, 397 p.
- **MEDDOUR-SAHAR O. et DERRIDJ A., 2010 :** Le risque incendie de forêt : évaluation et cartographie. Le cas de la wilaya de Tizi Ouzou, Algérie (période 1986-2005). *Revue Sécheresse* 2010, 21 (3) : 187-95. 9 p.
- **MEDDOUR-SAHAR O., MEDDOUR R. et DERRIDJ A., 2008 :** Les causes des incendies en Algérie. Laboratoire de gestion des écosystèmes forestiers, Institut national Agronomique El Harrach, Alger, Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques, Université Mouloud Mammeri, Tizi Ouzou.
- **MEDDOUR R., MEDDOUR-SAHAR O. et DERRIDJ A., 2007 :** Le contexte des feux de forêts dans le bassin méditerranéen, document CIHEAM, 11 p.
- **MEGREROUCHE R., 2006 :** Sensibilité de la végétation forestière aux incendies, cas de la forêt domaniale de Chettabah-Ain Smara, Constantine, Mémoire de Magister, Université Mentouri de Constantine, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, 157 p.
- **MISSOUMI A., MEDERBAL K. et ABDELLI K., 2002 :** Apport des SIG dans la prévention et la lutte contre les incendies de forêt, Stratégie de prévention des incendies dans les forêts d'Europe du Sud, Collection Actes, Éditions P, 368 p.
- **MORHANGE C. et WEYDERT N., 1995 :** 5000 ans de dégradation de l'environnement au Lacydon de Marseille, *Revue Persée*, [en ligne] Volume 82, Numéro 82, pp 53-62 (<http://www.persee.fr/>).
- **MOUHOUS A., AYADI F. et OUCHENE A., 2012 :** Caractérisation de l'élevage bovin laitier en zone de montagne. Cas de la wilaya de Tizi Ouzou, Faculté des Sciences Biologiques et Agronomiques, Université Mouloud MAMMERI de Tizi-Ouzou, Algérie, 5 p.
- **MOL T., KÜCÜKOSMANNUGU A. et BILLGILI E., 1997 :** Incendies de forêt dans un environnement mondial. Évolution des attitudes vis-à-vis du feu. Université d'Istanbul. Faculté d'Orman. pp 193-202.
- **MOLINIER R., 1977 :** Encyclopédie de l'écologie, Éditions Larousse, Paris, 487 P.
- **MOUILLOT F., RATTE J.P., JOFFRE R. et RAMBAL S., 1998:** Relating spatial and temporal changes in Mediterranean landscapes with fire regimes: case study in

Corsica Island (France). Lab. Biologie & Écologie Végétale, CE. VA. RE.N, Université de Corse. International Conference on Forest Fire Research, 14e Conference on Fire and Forest Meteorology Vol. III, 16/20, pp (2533-2545).

- **MCEDIF (méthode canadienne d'évaluation des dangers d'incendie de forêt), 2008 :** Tables de l'indice forêt-météo de la méthode canadienne ([http://cfs.nrcan.gc.ca/bookstore\\_pdfs/20084belongstoHQ.pdf](http://cfs.nrcan.gc.ca/bookstore_pdfs/20084belongstoHQ.pdf)), 73 P.
- **NEDJRAOUI D. et BÉDRANI S., 2008 :** La désertification dans les steppes algériennes : causes, impacts et actions de lutte. Vertigo. La revue électronique en sciences de l'environnement, Vol. 8, Avril 2008 (<http://vertigo.revues.org>).
- **NEDJRAOUI D., 2001 :** Université des Sciences et de la Technologie H. Boumediene. Profil fourrager de l'Algérie, 30 p.
- **OUALIKÈNE S., 2009 :** Analyse empirique de la wilaya de Tizi-Ouzou (1962 – 2008). Insanyat : revue algérienne d'anthropologie et des sciences sociales, varia 44-45, 2009, p 195-209.
- **ORIEUX A., 1979 :** Conditions météorologiques et incendies de forêt en région méditerranéenne, note technique n° 8, section XXIV. Météorologie nationale. Paris. Mai 1979, 14 p.
- **OPTIONS MEDITERRANEENNES, 1999 :** Protection contre les incendies de forêts : principes et méthodes d'action, Série B : Études et recherches. Numéro 26, CIHEAM, Éditions VELEZ.
- **OULMOUHOUB S. et BENHOUBOU S., 2007 :** Évolution floristique des subéraies incendiées dans la région d'El Kala (Nord-est Algérie). Revue internationale d'écologie méditerranéenne, Vol. 33-2007, pp 84-94.
- **PAULET J.P., 1982 :** L'origine des incendies et la technique de la régression multiple. Revue d'analyse spatiale, laboratoire Raoul Blanchard, UFR Lettres et Sciences humaines, Université de Nice. 33 p.
- **PAUSAS J.G. et PAULA S., 2005:** Plant functional traits database for Euro-Mediterranean ecosystems, EUFIRELAB, 29 p. (<http://www.eufirelab.org>).
- **PERON A., 1883 :** Description géologique de l'Algérie. Éditions Masson, Librairie de l'académie de médecine, Paris, pp 8/202 p.
- **PITA L.P., VIEGAS D.X. and ROSSA C., 2006:** Common Methodologies for Collecting Data during Outside Fires, EUFIRELAB, Deliverable D-07-12. (<http://www.eufirelab.org>).

- **PROSPER-LAGET V., DOUGUÉDROIT A. and GUINOT J.P., 1994:** Mapping the risk of forest fire departure using NOAA satellite information. In International Workshop on Satellite Technology and GIS for Mediterranean Forest Mapping and Fire Management, Thessaloniki, pp 151-163.
- **Rapport de la commission interministérielle, 2010:** Changement climatique et extension des zones sensibles aux feux de forêt, Ministère de l'alimentation, de l'agriculture et de la pêche, Ministère de l'intérieur, de l'Outre-Mer et des collectivités territoriales, 190 p.
- **Rapport de présentation, 2002:** Littoral de la wilaya de Tizi Ouzou, Ministère de l'aménagement de territoire, de l'environnement et de tourisme, commissariat national du littoral, antenne de Tizi Ouzou. 10 p.
- **REBAI A., 1982 :** Les incendies de forêts dans la wilaya de Mostaganem (Algérie) : étude écologique et propositions
- **ROBIN J.G., 2006 :** Les risques d'incendies de forêts dans le département des alpes maritimes, éclosion des feux de forêts – analyse structurelle. Mémoire de stage, U.M.R. 6012 « ESPACE » du CNRS. 38 p.
- **SACQUET A.M., 2006 :** Atlas mondial du développement durable. Collection Atlas / Monde, Coédition, Autrement / Le comité 21.
- **SELTZER P., 1946 :** Le climat de l'Algérie. Trav. Inst. Météo. et Phys. Globe. Université d'Alger, Typo. Litho, Alger, 219 p.
- **Service canadien des forêts, 1987:** Élaboration et structure de la méthode canadienne de l'indice forêt météo. 44 p. (<http://scf.rncan.gc.ca/entrepotpubl/pdfs/19929.pdf> ).
- **Service canadien des forêts, 1984 :** Table de l'indice Forêt-Météo de la méthode canadienne. 73 p. (<http://scf.rncan.gc.ca/20084belongstoHQ.pdf>).
- **SHARPLES, J.J., R.H.D. MC RAE, R.O. WEBER, and A.M. GILL, 2009 :** A simple method for assessing fuel moisture content and fire danger rating, 18th World IMACS / MODSIM Congress, Cairns, Australia 13-17 July 2009, 7 p. ([www.mssanz.org.au](http://www.mssanz.org.au)).
- **Système de Gestion Intégré de l'Information Agricole et Rurale (SGIAR), 2008 :** Projet de coopération algéro-italien, Technologies de l'information pour la recherche et le développement agricole et rural.
- **TRABAUD L., 1992 :** Les feux de forêts : mécanismes, comportement et environnement. Éditions France- Sélection, 278 P.

- **VACIK H., et GOSSOW H., 2011** : Forest fire research and management options in Austria: lessons learned from the AFFRI and the ALP-FFIRS networks, 2011, 9 p. (www.landesmuseum.at).
- **VALETTE J.C, 1990** : Inflammabilité des espèces forestières méditerranéennes, conséquences sur la combustibilité des formations forestières. Institut National de la Recherche Agronomique. Département des Recherches Forestières. Station de Sylviculture Méditerranéenne. Laboratoire d'Études sur la "Prévention des Incendies de Forêts", Document PIF9008, 18 p.
- **VALETTE, J.C, 1988** : Notions générales relatives à la combustion. Forêt Méditerranéenne, t. X, numéro 1, juillet 1988. pp 197-201 (p 198). Itinérant
- **VAN WAGNER C.E., 1972:** A table of diurnal variation in the Fine Fuel Moisture Code, Petawawa Forest Experiment Station, Canadian Forestry Service, Chalk River, Ontario, and Information report ps-x-38, 12 p.
- **VELEZ R., 1996** : La sylviculture préventive des incendies en Espagne. Revue Mapping n° 29. pp 3-6.
- **VELEZ R., 1991:** Protection contre les incendies de forêt. CIHEAM. pp 373-379.
- **VELEZ R., 1991:** Legislations and Policies, ECE/FAO. Seminar on Forest Fire Prevention, Land Use and People. Atenas, 1991
- **VENTURA J. and MENDES-LOPES J., 2006:** Wildland Fire Metrology: Final Version of the State of the Art, EUFIRELAB, Deliverable D-07-13.
- **VERDEAUX F., 1999** : La forêt-monde en question. Recomposition du rapport des sociétés à la forêt dans les pays du Sud. Éditions de l'Aube, IRD, 182 p.
- **VIDAL A., PINGLO F., DURAND H., DEVAUX-ROS C. and MAILLET A., 1994:** Evaluation of a temporal fire risk index in Mediterranean forest from NOAA thermal IR., *Remote Sensing of Environment*, 49, pp 296-303.
- **VIEGAS D.X., SOL B., BOVIO G., NOSENZO A. and FERREIRA A., 1994:** Comparative study of various methods of fire danger evaluation in southern Europe. Proc. 2<sup>nd</sup> International Conference forest fire research. Coimbra, November, Vol. II, C.05, pp.571-590.
- **VIEGAS D.X., VIEGAS T.P. and FERREIRA A.D., 1991:** Moisture content of fine forest fuels and fire occurrence in central Portugal. *The International Journal of Wildland Fire*, pp 69-85.

- **WITTENBERG L., MALKINSON D., BEERI O., HALUTZY A. and TESLER N., 2006:** Spatial and temporal patterns of vegetation recovery following sequences of forest fires in a Mediterranean landscape, Mt. Carmel Israel, CATENA 71, [on line], pp 76-83 ([www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)).
- **YAKOUB B., 1996 :** Le problème de l'eau en grande Kabylie. Le bassin versant du Sébaou. Université Mouloud Mammeri, Tizi Ouzou. 189 p.
- **YIJIE W., DEYUN G. and RUHONG L., 1998:** Applying science, Technology and Society to Forest Fire Management. Research Institute of Protection. Chinese Academy of Forestry. International Conference on Forest Fire Research, 14e Conference on Fire and Forest Meteorology. 16/20 November. VOL III, pp. (2295-2306).
- **ZIPOLI G., MARACCHI G., BOTTAI L., ROMANELLI S. and MASELLI F., 1998:** Evaluating the spatial distribution of forest fire in the Tuscany by the classification of Landsat TM Data. International Conference on Forest Fire Research, 14e Conference on Fire and Forest Meteorology. 16/20 November, VOL III, pp (2463-2473).

## LISTE DES TABLEAUX

	<b>Page</b>
Tableau 1.1: Surfaces occupées et localisation des essences forestières en Algérie.....	20
Tableau 1.2: Évolution de la surface forestière des principales essences depuis 1955.....	22
Tableau 1.3: Surface forestière incendiée en Algérie 1881-2006 .....	33
Tableau 1.4: Importance des incendies de forêts par catégories de causes en Algérie (1986-2002) .....	39
Tableau 2.1: Ensembles physiques de la wilaya de Tizi Ouzou .....	48
Tableau 2.2: Principales forêts de Tizi Ouzou .....	72
Tableau 2.3: Données relatives au domaine littoral .....	73
Tableau 2.4: Superficie de l'espace urbain .....	74
Tableau 2.5: Principales productions du domaine littoral Kabyle .....	74
Tableau 2.6: Quelques données sur les incendies des communes maritimes (1986-2001) .....	76
Tableau 3.1: Énergies d'inflammations pour différents teneurs en humidité.....	88
Tableau 3.2: Relation relief-sensibilité incendie .....	92
Tableau 3.3: Vitesse de propagation dans l'herbe en fonction du vent.....	94
Tableau 3.4: Incendies localisés de la zone côtière Kabyle, période 1990-2009.....	101
Tableau 3.5: Répartition horaire des départs de feu en Kabylie maritime (416 incendies) ..	102
Tableau 3.6: Taux mensuels d'incendie .....	103
Tableau 3.7: Classes des superficies incendiées, Kabylie maritime, période 1990-2009 .....	107
Tableau 3.8: Échelle d'intensité du feu .....	110
Tableau 4.1: Surface agricole par commune .....	123
Tableau 4.2: Résultat du test de normalité de Shapiro-Wilk.....	141
Tableau 4.3: Résultat du test de Mann-Whitney pour la comparaison de moyennes .....	141
Tableau 4.4: Résultats du test de normalité de Shapiro-Wilk .....	142
Tableau 4.5: Résultat du test de comparaison de moyennes de Mann-Whitney .....	143
Tableau 4.6: Matrice de corrélation entre les variables.....	145
Tableau 4.7: Matrice de corrélation entre les variables.....	146
Tableau 4.8: Matrice de corrélation entre les variables.....	147
Tableau 4.9: Nombre d'incendies par classes d'altitude.....	157
Tableau 4.10: Nombre d'incendies par classes de pente.....	159

Tableau 4.11 : matrice de corrélation entre les variables .....	160
Tableau 4.12: Résultat du test de normalité Shapiro-Wilk .....	161
Tableau 4.13: Résultat du test de Kruskal-Wallis .....	161
Tableau 4.14: Comparaisons multiples par paires suivant la procédure de Dunn .....	162
Tableau 4.15: Résultat du test de Kruskal-Wallis .....	162
Tableau 4.16: Comparaisons multiples par paires suivant la procédure de Dunn .....	163
Tableau 5.1: Incendies dont la surface parcourue est $\geq 100$ ha.....	177
Tableau 5.2: Différents indices de risque météorologique.....	184
Tableau 5.3: Valeur de l'indice CARREGA et classes de risque .....	188
Tableau 5.4: Composantes de l'Indice Forêt-Météo .....	191
Tableau 5.5: Exemple de calcul de l'IFM par ordinateur .....	194
Tableau 5.6: Bilan hydrique station météorologique de Boukhalfa, 1992.....	197
Tableau 5.7: Bilan hydrique, station météorologique de Boukhalfa, 1993.....	203
Tableau 5.8: Bilan hydrique, station météorologique de Boukhalfa, 1994.....	209
Tableau 5.9: Bilan hydrique, station météorologique de Boukhalfa, 1999.....	214
Tableau 5.10: Vitesse moyenne et direction du vent, journées à plusieurs grands feux .....	221
Tableau 5.11: Classification de 36 grands incendies de Kabylie maritime .....	231

## LISTE DES FIGURES

	<b>Page</b>
Figure 1.1: Carte topographique de l'Algérie .....	16
Figure 1.2: Carte des principaux écosystèmes du Nord algérien .....	21
Figure 1.3: Carte de sensibilité à la désertification .....	24
Figure 1.4: Évolution annuelle du nombre d'incendies en Algérie durant la période 1876-1915 (MEDDOUR-SAHAR <i>et al.</i> , 2008) .....	31
Figure 1.5: Évolution annuelle du nombre d'incendies en Algérie durant la période 1980-2007 (MEDDOUR SAHAR <i>et al.</i> , 2008) .....	31
Figure 1.6: Évolution des surfaces incendiées en Algérie durant la période 1876-2001(MARC, 1916 ; GRIM, 1989 ; GHERBAH, 1992 ; DGF, 2001 ; <i>in</i> MEGREROUCHE, 2006).....	32
Figure 1.7: Évolution des surfaces incendiées en Algérie durant la période 1963-2001(GRIM, 1989 ; GHERBAH, 1992 ; DGF, 2001 ; <i>in</i> MEGREROUCHE, 2006) .....	32
Figure 1.8: Fréquence mensuelle des incendies de forêt en Algérie (Période 1985-2006), (ARFA, 2008).....	35
Figure 1.9: Wilayas de la région de Kabylie .....	36
Figure 1.10: Nombre de foyers d'incendies enregistré dans la wilaya de Tizi Ouzou par rapport au reste des wilayas algériennes (1985-2006), ARFA, 2008.....	37
Figure 1.11: Surface incendiée dans la wilaya de Tizi Ouzou par rapport au reste des wilayas algériennes (1985-2006), ARFA, 2008 .....	37
Figure 1.12: Répartition de la superficie forestière par wilaya en Algérie (ARFA, 2008) .....	38
Figure 2.1: Situation géographique du terrain d'étude.....	44
Figure 2.2: Chaînes et massifs montagneux de la Kabylie Djurdjurienne .....	45
Figure 2.3: Relief de la Kabylie .....	47
Figure 2.4: Carte de la pente au niveau de la zone d'étude.....	50
Figure 2.5: Exemple de pentes rencontrées en Kabylie maritime .....	50
Figure 2.6: Schéma géologique de la Kabylie.....	52
Figure 2.7: Positions des stations météorologiques les plus proches du terrain d'étude .....	54
Figure 2.8: Précipitations moyennes mensuelles, station de Boukhalfa, période 1990-2007 ..	55
Figure 2.9: Carte pluviométrique pour l'Algérie du Nord .....	55
Figure 2.10:Températures moyennes mensuelles, station de Boukhalfa, période 1990-2008.	56
Figure 2.11: Rose des vents d'hiver, période 1990-2009.....	57

Figure 2.12: Rose des vents du printemps, période 1990-2009 .....	57
Figure 2.13: Rose des vents d'été, période 1990-2009 .....	57
Figure 2.14: Rose des vents d'automne, période 1990-2009 .....	57
Figure 2.15: Classe de la vitesse des vents d'été, période 1990-2009 .....	58
Figure 2.16: Classe de la vitesse des vents d'hiver, période 1990-2009 .....	58
Figure 2.17: Durée moyenne mensuelle d'insolation, station de Boukhalfa, durant la période 1990-2009 .....	59
Figure 2.18: Étage bioclimatique de la zone littorale sur le Climagramme d'EMBERGER...	61
Figure 2.19: Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gausсен, station de Boukhalfa, période 1990-2009 .....	62
Figure 2.20: Étages bioclimatiques de l'Algérie du Nord.....	63
Figure 2.21: Formation d'Eucalyptus Sidi-Khelifa, Azeffoun, Mars-2009 .....	64
Figure 2.22: Formation Chêne-liège Azroubar, Mizrana, septembre 2010.....	65
Figure 2.23: Formation de maquis sur versant sud, Tizirt, septembre 2010 .....	65
Figure 2.24: Broussaille en feu, Iflissen, septembre, 2010 .....	66
Figure 2.25: Surface moyenne incendiée par formation végétale Kabylie maritime .....	68
Figure 2.26: Nombre d'incendies par formation végétale en Kabylie maritime.....	69
Figure 2.27: Surface totale incendiée par formation végétale en Kabylie maritime.....	69
Figure 2.28: Carte de découpage administratif de la conservation des forêts de Tizi Ouzou ..	71
Figure 3.1: Schéma triangle du feu .....	80
Figure 3.2: Schéma d'un feu poussé par le vent .....	93
Figure 3.3: Indice du risque fréquentiel d'incendies.....	100
Figure 3.4: Variation horaires des départs de feu en Kabylie maritime (6h-22h) .....	102
Figure 3.5: Répartition mensuelle des incendies.....	103
Figure 3.6: Fréquences annuelles des incendies, période 1990-2009 .....	104
Figure 3.7: Superficies incendiées annuellement, période 1990-2009.....	105
Figure 3.8: Feu moyen en Kabylie maritime.....	106
Figure 3.9: Proportion d'incendies en fonction des classes de surfaces brûlées.....	107
Figure 3.10: Synthèse comparative de l'évolution du nombre d'incendies et des surfaces incendiées .....	108
Figure 3.11: Répartition spatiale des incendies, des interfaces h/f et de l'élevage h/s en Kabylie maritime (1990-2009) .....	112

Figure 4.1: Carte de la population de la wilaya de Tizi Ouzou, 2008.....	119
Figure 4.2: Carte de la densité de la population de Tizi Ouzou, 2008.....	121
Figure 4.3: Répartition du tissu urbain des communes littorales Kabyles.....	125
Figure 4.4: Quelques tançons du réseau routier actuel, Tizirt Est-Iflissen.....	127
Figure 4.5: Incendies à proximité des routes en Kabylie maritime.....	127
Figure 4.6: Répartition des incendies par type de voie routière.....	128
Figure 4.7: Répartition des différentes formations végétales, Mizrana Est-Tigzirt-Iflissen-Azefoun Ouest .....	129
Figure 4.8: Répartition du nombre d'incendies selon le type de formation végétale.....	130
Figure 4.9: Répartition de la surface incendiée selon le type de formations végétale .....	131
Figure 4.10: Exemple de la répartition spatiale de l'habitat en Kabylie maritime.....	134
Figure 4.11: Identification des objets spatiaux, Kabylie maritime .....	138
Figure 4.12: Foyers d'éclosion des incendies dans la partie ouest de la Kabylie maritime (1990-2012) .....	139
Figure 4.13: Comparaison des moyennes d'incendies en relation avec l'habitat groupé et en relation avec l'habitat dispersé .....	143
Figure 4.14: Répartition des variables explicatives élevages et interfaces h/f.....	145
Figure 4.15: Répartition des incendies en fonction des classes de distances à la route .....	148
Figure 4.16: Variation du nombre d'incendies en fonction de la distance à la route.....	149
Figure 4.17 : Répartition du nombre d'incendies en fonction des classes de distances au tissu urbain.....	150
Figure 4.18: Variation du nombre d'incendies en fonction de la distance au tissu urbain....	151
Figure 4.19: Variation de la surface cumulée en fonction des classes de distance à la route	152
Figure 4.20: Variation de la surface moyenne incendiée en fonction de la distance à la route ...	153
Figure 4.21: Variation de la surface cumulée en fonction de la distance au tissu urbain .....	154
Figure 4.22: Exemple de pentes raides avec une végétation moins abondante, Kabylie maritime .....	154
Figure 4.23: Répartition de la surface cumulée en fonction des classes de pente.....	155
Figure 4.24: Variation de la surface cumulée en fonction de la pente .....	156
Figure 4.25: Variation de la surface cumulée en fonction de l'altitude .....	157
Figure 4.26: Variation du nombre d'incendies en fonction de l'altitude .....	158
Figure 4.27: Variation du nombre des feux en fonction de la pente .....	159

Figure 5.1: Comparaison des températures moyennes mensuelles en été entre la station de Dellys et celle de Tizi Ouzou (Boukhalfa) .....	170
Figure 5.2: Situation de la station météorologique de Boukhalfa par rapport à la zone d'étude . .....	171
Figure 5.3: Humidité relative moyenne mensuelle de juin à septembre, station de Boukhalfa ... .....	173
Figure 5.4: Répartition des grands feux en fonction des mois en Kabylie maritime .....	178
Figure 5.5: Répartition de la surface cumulée par mois en Kabylie maritime .....	178
Figure 5.6: Répartition de la surface moyenne incendiée .....	179
Figure 5.7: Répartition de la surface cumulée par année .....	180
Figure 5.8: Localisation des grands incendies sélectionnés pour l'étude.....	180
Figure 5.9: Structure de l'indice forêt-météo de la méthode canadienne.....	191
Figure 5.10: Bilan hydrique mensuel de l'année 1992, station de Boukhalfa .....	198
Figure 5.11: Évolution annuelle de la réserve d'eau du sol, station de Boukhalfa .....	198
Figure 5.12: Image archive des températures, le 26/09/1992 .....	199
Figure 5.13: Variation de l'indice FMI, le 26/09/1992, toutes les 3 heures, station de Boukhalfa .....	200
Figure 5.14: Rose des vents toutes les 3 heures, le 26/09/1992 (station de Boukhalfa) .....	201
Figure 5.15: Variation de l'I <sup>87</sup> et l'IFM, le 26/09/1992, station de Boukhalfa .....	202
Figure 5.16: Bilan hydrique mensuel de l'année 1993, station Boukhalfa .....	204
Figure 5.17: Variation mensuelle de la réserve d'eau du sol pour l'année 1993, station de Boukhalfa .....	204
Figure 5.18: Variation de l'indice FMI, le 13/10/1993, toutes les 3 heures, station de Boukhalfa .....	206
Figure 5.19: Rose des vents, le 13/10/1993, station de Boukhalfa .....	207
Figure 5.20: Variation de l'I <sup>87</sup> et l'IFM, le 13/10/1993, toutes les 3 heures .....	208
Figure 5.21: Bilan hydrique mensuel, station de Boukhalfa, 1994 .....	210
Figure 5.22: Variation mensuelle de la réserve d'eau du sol, station de Boukhalfa, 1994 ...	210
Figure 5.23: Variation de l'indice FMI, le 19 et 20/08/1994, toutes les 3 heures, station de Boukhalfa .....	211
Figure 5.24: Rose des vents 19-20/08/1994, station de Boukhalfa .....	212
Figure 5.25 : Variation de l'I <sup>87</sup> et l'IFM, le 19-20/08/1994, toutes les 3 heures.....	213
Figure 5.26: Bilan hydrique mensuel, station de Boukhalfa, 1999 .....	215

Figure 5.27: Variation mensuelle de la réserve d'eau du sol, station de Boukhalfa, 1999 ....	215
Figure 5.28: Variation horaire de l'indice FMI, le 25 et 26/08/1999, station de Boukhalfa..	216
Figure 5.29: Rose des vents, le 25 et 26/08/1999, station de Boukhalfa .....	217
Figure 5.30: Variation horaire de l'I <sup>87</sup> et l'IFM, le 25 et 26 /08/1999, station de Boukhalfa .....	218
Figure 5.31: Comparaison des valeurs moyennes et des valeurs maximales journalières de température.....	223
Figure 5.32: Comparaison des valeurs moyennes et des valeurs maximales journalières d'humidité relative .....	224
Figure 5.33: Comparaison des valeurs moyennes et des valeurs maximales journalières de vent.....	225
Figure 5.34: Analyse en composantes principales des grands incendies en Kabylie maritime, représentation graphique des variables (facteur 1 et 2).....	227
Figure 5.35: Analyse en composantes principales des grands incendies en Kabylie maritime, représentation graphique des variables (facteur 1 et 3).....	228
Figure 5.36: Analyse en composantes principales des grands incendies en Kabylie maritime, représentation graphique des variables (facteur 2 et 3) .....	229
Figure 5.37: Dendrogramme de la classification ascendante hiérarchique des 36 grands incendies.....	230

## ANNEXES

### Annexe 1: Base de données surfaces totales annuelles incendiées en Algérie

Année	1876	1877	1878	1879	1880	1881	1882	1883	1884	1885	1886	1887	1888	1889		
Surface (ha)	55172	40538	8156	17663	20881	169056	4018	2464	3232	51569	14043	53714	14788	17807		
Année	1890	1891	1892	1893	1894	1895	1896	1897	1898	1899	1900	1901	1902	1903	1904	1905
Surface (ha)	23165	45924	135754	47757	100890	32907	14091	79203	12384	16099	2937	9687	141141	94398	2759	7676
Année	1906	1907	1908	1909	1910	1911	1912	1913	1914	1915	1916	1917	1918	1919	1920	
Surface (ha)	9126	4457	6540	9751	24294	16309	26505	138191	43305	19350	78863	95453	33720	117	83986	
Année	1921	1922	1923	1924	1925	1926	1927	1928	1929	1930	1931	1932	1933	1934	1935	
Surface (ha)	11200	89473	5997	62360	9146	81985	10504	13339	1583	10675	61067	9734	17640	2517	28691	
Année	1936	1937	1938	1940	1941	1942	1943	1944	1945	1946	1947	1948	1949	1950	1951	
Surface (ha)	22372	61877	9571	21777	39850	7416	31740	81678	34548	57708	15513	20530	23369	0	49015	
Année	1952	1953	1954	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	
Surface (ha)	7659	7053	9809	25573	204220	105604	125822	55038	60174	59471		3924	9385	52732	2503	
Année	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	
Surface (ha)	49561	14549	13314	30438	57835	4097	34530	11002	37331	19943	50152	41152	15662	26944	33516	
Année	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	
Surface (ha)	9381	221367	4731	4668	21537	23300	27757	3236	28046	13176	25621	58680	271597	32157	7301	
Année	1997	1998	1999	2000	2001											
Surface (ha)	17830	28629	38390	55782	14356											

### Annexe 2: Données incendies 1990-2009, Kabylie maritime

Année	Surface (ha)	Nbr.incendies
1990	1118,5	25
1991	69	4
1992	983	20
1993	1179	19
1994	3360	32
1995	424,5	20
1996	7,5	2
1997	519	45
1998	13	5
1999	460,5	43
2000	1202	35
2001	316	27
2002	39	7
2003	169,5	8
2004	304	28
2005	61	6
2006	573	35
2007	287	20
2008	505,5	30
2009	77	5
<b>Total</b>	<b>11668</b>	<b>416</b>

### Annexe 3: Variation mensuelle des nombres d'incendies 1990-2009, Kabylie maritime

Mois	Jui	Juil	Août	Sept	Oct
Nbr. incendie	6	88	160	126	36

### Annexe 4: Variation horaire des départs des feux 1990-2009, Kabylie maritime

Tranche horaire	6h-8h	8h-10h	10h-12h	12h-14h	14h-16h	16h-18h	18h-20h	20h-22h	
Départ de feu (%)	1	15	19,5	25,5	19,5	9,5	7,5	2,5	100

### Annexe 5: Base de données incendies de forêts commune d'Iflissen, 1990-2012

Lieu	Date et heure déclaration	Date et heure extinction	Superficie (ha)	Temps	Vent	Exp.	Pente	Altitude (m)	Coordonnées	Moyens employés
ADRAR	23/08/2003 à 14h30	23/08/2003 à 19h30	9,5							Citerne tractable + Outillage manuel
	25/08/1999 à 18h00	25/08/1999 à 22h00	30				50%	210	X:640,6 Y:397,7	
	10/07/1997 à 14h45	10/07/1997 à 17h00	1						X:640,6 Y:398	CCF Forêts+ Outillage manuel
	13/07/1997 à 16h50	14/07/1997 à 03h00	70						X:641,40 Y:398,60	
	31/08/1997 à 16h40	31/08/1997 à 18h30	2						X:639,80 Y:398,5	
	10/08/1994 à 12h30	10/08/1994 à 16h00	4	chaud						
ARROUR	05/09/2008 à 14h30	05/09/2008 à 18h00	3							CCFL
ABECHAR	13/07/1997 à 21h40	13/07/1997 à 00h00	10						X:635,60 Y:398,80	
	11/09/1992 à 10h20	11/09/1992 à 13h05	17	chaud	Est violent					Outillage manuel
AGOUNI MOUSSI	06/08/2012 à 11h30	06/08/2012 à 13h30	0,5							CCFL
	18/08/2012 à 14h30	18/08/2012 à 17h00	2,5							CC de l'APC d'Iflissen+Population
	09/07/2010 à 14h30	09/07/2010 à 15h50	0,8							CCFL + CC P/C
	11/08/2010 à 13h44	11/08/2010 à 15h30	0,9							CCFL + P/C
	25/08/1999 à 11h45	26/08/1999 à 04h00	720				40%	603	X:635,7 Y:397	Outillage manuel+Pompe dorsale+CCF P/C+Population
	29/06/1997 à 1h30	29/06/1997 à 12h20	1						X:636,30 Y:397,70	CCF Forêts
	29/09/1997 à 16h30	29/09/1997 à 18h30	2						X:635,90 Y:397,70	CCF Forêts
	17/09/1996 à 12h00	17/09/1996 à 13h00	1							CCF
	16/08/1995 à 15h20	16/08/1995 à 17h30	5							CCF
ARBI	29/06/2012 à 09h40	29/06/2012 à 11h40	1			Nord	8%	690m	X:36°51'15,57" Y:4°13'10,38"	CCFL
	15/08/2011 à 17h26	15/08/2011 à 18h40	2,5							CCFL +Outillage manuel
	11/09/2010 à 14h10	11/09/2010 à 15h25	0,5							CCFL
	18/09/2010 à 11h30	18/09/2010 à 13h00	3							CCFL
	05/08/2008 à 14h05	05/08/2008 à 15h50	1							Outillage manuel (Forêts +P/C)
	08/08/2004 à 12h20	08/08/2004 à 17h00	10							Outillage manuel + citerne tractable
	25/08/1999 à 09h45	26/08/1999 à 04h00	150				25%	762	X:635,3 Y:395	Outillage manuel
	30/06/1997 à 11h20	30/06/1997 à 13h50	3						X:633 Y:395,80	CCF+Outillage manuel
	07/07/1997 à 13h05	07/07/1997 à 14h00	0,08						X:635,80 Y:396,10	Outillage manuel
	12/07/1997 à 17h15	12/07/1997 à 19h00	0,5						X:635,62 Y:395,40	Outillage manuel
	14/07/1997 à 11h00	14/07/1997 à 13h30	10						X:635,96 Y:395,70	
	15/07/1997 à 14h35	15/07/1997 à 19h15	10						X:636,10 Y:395,55	CCF +Outillage manuel
	10/08/1997 à 13h36	10/08/1997 à 18h05	15						X:635,65 Y:396,40	CCF P/C+Outillage manuel
	25/08/1997 à 13h00	25/08/1997 à 14h40	2						X:635,52 Y:395,98	Outillage manuel

	18/08/1996 à 14h00	18/08/1996 à 15h15	2															CCF
	24/08/1996 à 13h30	24/08/1996 à 16h30	1															CCF +Outillage manuel
	07/08/1995 à 10h30	07/08/1995 à 15h00	3															CCF +Outillage manuel
	09/08/1994 à 10h15	09/08/1994 à 16h00	15		très chaud													Outillage manuel
	29/08/1994 à 14h00	29/08/1994 à 15h00	2		chaud	Nord Est												CCF Forêts +Outillage manuel
	14/09/1994 à 18h00	14/09/1994 à 21h30	8		chaud	Ouest violent												CCF Forêts +Outillage manuel
	22/09/1993 -	22/09/1993 à 22h30	30		chaud	Violent du sud ouest												
	13/10/1993 à 12h00	13/10/1993 à 17h00	53															
	13/09/1992 à 12h00	13/09/1992 à 18h05	5		très chaud													CCF
	14/09/1992 à 11h30	14/09/1992 à 23h55	10		Frais													Outillage manuel
AIT YUCEF	15/08/2012 à 09h25	15/08/2012 à 13h00	2															CCFL P/C
	07/10/2010 à 9h40	07/10/2010 à 11h40	2,5															CCFL+CC P/C
	16/08/2006 à 15h15	16/08/2006 à 17h15	2					11%	300			X:630,5 Y:398,4						CCF+Outillage manuel+Population
	16/09/1997 à 14h40	16/09/1997 à 16h00	1									X:631,60 Y:397,90						Outillage manuel+CCF
	22/09/1993 à 13h30	22/09/1993 à 17h00	22		chaud	un peu fort de toute direction												Population+Outillage manuel
	26/09/1992 à 14h20	26/09/1992 à 17h00	350		chaud	Sud violent												Outillage manuel
	04/08/1991 à 10h40	04/08/1991 à 12h18	1		Assez chaud	Est												CCF P/C
AIFANE	13/07/2012 à 23h00	14/07/2012 à 13/50	15				Nord Nord Est	15%	569m			X:36°51'47,33" Y:4°10'54,70"						CCFL +02Citerne P/C
	02/08/2002 à 10h00	03/08/2002 à 02h00	3															Pompe dorsal+ Pelles
	24/08/1999 à 09h15	24/08/1999 à 20h30	12				Ouest	40%	502			X:632,3 Y:396,6						Outillage manuel
	19/07/1997 à 12h15	19/07/1997 à 13h00	0,5									X:632,40 Y:396,80						CCF Forêt+Outillage manuel
	21/08/1997 à 14h20	21/08/1997 à 19h00	1,5									X:632,40 Y:397,15						Outillage manuel
	25/08/1997 à 16h20	25/08/1997 à 18h00	1									X:631,75 Y:397,60						Outillage manuel
	15/07/1994 à 13h40	15/07/1994 à 17h00	3		Chaud	Est moyen												CCF + Outillage manuel
	14/08/1994 à 19h00	14/08/1994 à 00h00	15															
	28/08/1992 à 15h15	28/08/1992 à 17h40	4															CCF P/C
	26/09/1992 à 12h35	26/09/1992 à 15h35	4		Chaud	Nord Est fort												Outillage manuel
AIT SI ALI	04/08/2010 à 16h50	04/08/2010 à 18h10	1															CCFL +Outillage manuel
	02/08/2002 à 12h15	02/08/2002 à 15h00	6															CCF P/C + Outillage manuel
	03/07/1999 à 11h50	03/07/1999 à 20h00	5				Nord	30%	650			X:633,4 Y:396						CCF
	13/08/1994 à 08h00	13/08/1994 à 13h00	10				Sud											Outillage manuel
ABERRA NE	14/08/2012 à 11h55	15/08/2012 à 18h00	17															CCFL +Outillage manuel
	04/09/2008 à 12h23	04/09/2008 à 18h20	35															CCFL
	07/09/2006 à 10h25	07/09/2006 à 20h00	1					35%	800			X:638 Y:395						
	02/08/2002 à 18h10	02/08/2002 à 21h50	1															Citerne de la pépinière
	05/08/2002 à 13h30	05/08/2002 à 17h00	1															CCF Forêt+CCF P/C + Citerne pépinière+ Outillage manuel
	18/09/2000 à 11h30	18/09/2000 à 15h30	5															CCF forêt +CC P/C
	24/08/1999 à 14h35	24/08/1999 à 20h45	60					40%	600			X:637,2 Y:395						Outillage manuel
	15/07/1997 à 11h00	15/07/1997 à 16h30	7									X:636,70 Y:395,10						Outillage manuel
	06/08/1995 à 12h00	06/08/1995 à 15h30	14															CCF Forêt+CCF P/C
	13/08/1995 à 12h00	13/08/1995 à 14h30	1															CCF Forêt+Outillage manuel
	21/08/1994 à 08h50	23/08/1994 à 15h00	135															
	10/08/1993 à 20h05	11/08/1993 à 01h00	2		Chaud	Est												Outillage manuel
BOUKEL AL	08/08/2010 à 17h40	08/08/2010 à 19h40	3															CCFL
	09/08/2010 à 14h00	09/08/2010 à 22h00	100															CCFL

	14/07/2006 à 16h05	14/07/2006 à 18h45	3																		CCF+Outillage manuel		
	25/08/1992 à 09h10	25/08/1992 à 16h10	6																		CCF P/C		
BOUMA GHIS	07/08/2012 à 23h40	08/08/2012 à 06h40	15																		CCFL +CCFL P/C+Outillage manuel		
	09/09/2008a 19h55	10/09/2008a 02h00	20																		CCFL		
	16/07/1997 à 16h30	16/07/1997 à 17h30	1										X:635,40 Y:398,10								CCF+Outillage manuel		
FERAOU N	01/07/2012 à 11h35	01/07/2012 à 16h45	3				Nord	1%	81m				X:36°53'24,63" Y:4°18'40,54"								CCFL +CC P/C+CC Iflissen +Outillage manuel		
	24/08/2004 à 10h00	24/08/2004 à 20h40	20																		Outillage manuel + CC P/C		
	04/08/1992 à 14h32	04/08/1992 à 20h15	4	chaud	Est faible																	Outillage manuel	
ICHEBO UBEN																							
ICHKAV EN	04/09/2008 à 14h50	04/09/2008 à 16h20	1,5																			Outillage manuel	
IGHIL BOUSSE OUAL	23/08/2012 à 00h05	23/08/2021 à 06h35	4																			CCFL+02 CC P/C	
	21/08/2012 à 11h30	21/08/2012 à 13h55	0,9																			CC P/C	
	05/08/2012 à 16h15	05/08/2012 à 18h35	0,7				Nord Est	9%	525				X:36°51'42,45" Y:4°13'59,89"								CCFL		
	21/09/2010 à 8h30	21/09/2010 à 10h45	1																			CCFL +Outillage manuel	
	10/09/2010 à 12h40	10/09/2010 à 13h30	2																			CCFL	
	07/08/2008 à 9h50	07/08/2008 à 13h40	5																			CCFL Forêts+CCF P/C	
	02/08/2007 à 10h00	02/08/2007 à 18h30	30																			CCF P/C	
	12/09/1997 à 10h25	12/09/1997 à 11h40	1										X:636,75 Y:397,15									Outillage manuel	
	23/07/1996 à 14h40	23/07/1996 à 17h30	5																			CCF Forêts+ CCF P/C	
	25/07/1995 à 14h30	25/07/1995 à 18h00	1,5	Chaud	Est																	CCF Forêts	
	29/07/1995 à 12h45	29/07/1995 à 16h00	1,5	Chaud	Faible																	Branchements	
	03/09/1993 à 13h10	03/09/1993 à 17h00	10	Chaud	Nord Ouest																	Outillage manuel+CCF P/C	
IGUER N'SALEM	05/07/2012 à 21h30	06/07/2012 à 00h40	3				Nord	28%	460m				X:36°51'38,00" Y:4°12'34,06"								CCFL P/C+CC de l'APC d'Iflissen		
	20/07/2012 à 15h15	20/07/2012 à 19h00	5																			CCFL Forêts+ CC P/C	
	08/08/2010 à 14h00	08/08/2010 à 17h00	3,5																			CCFL Forêts+ CCFL P/C	
	22/08/2009 à 15h20	22/08/2009 à 18h00	4																			CCFL+ CCFP/C	
	23/08/2004 à 19h35	24/08/2004 à 16h30	290																			Outillage manuel +CC P/C	
	14/07/1997 à 11h20	14/07/1997 à 13h00	1,5											X:633,80 Y: 396,10									
	23/07/1995 à 8h50	23/07/1995 à 11h50	3	Chaud	Est																	Outillage manuel +CCF Forêts	
	14/08/1994 à 14h50	14/08/1994 à 20h05	2																				
	17/08/1994 à 16h00	17/08/1994 à 17h35	2	Chaud																		CTE APC Tigzirt+ Outillage manuel	
	04/08/1992 à 13h30	04/08/1992 à 16h30	7																			CCF +Outillage manuel	
	IGUER TALA	11/09/2010 à 16h10	11/09/2010 à 18h15	2,5																			CCFL
		05/09/2010 à 13h45	05/09/2010 à 17h35	5																			CCFL + CC P/C
	13/08/2008 à 10h10	13/08/2008 à 11h30	2																			CCFL+CCF P/C	
	18/08/2008 à 15h10	18/08/2008 à 16h20	2																			CCFL Forêts+ CCF P/C	
	29/08/2008 à 15h40	29/08/2008 à 18h30	2																			CCFL+CCF P/C	
	31/08/2006 à 14h00	31/08/2006 à 17h00	10					10%	200				X:633,5 Y:399								CCFL + CCF P/C		
	08/09/2003 à 13h40	08/09/2003 à 16h30	10																			Outillage manuel + CCF P/C	
	12/08/1997 à 14h10	12/08/1997 à 15h00	1										X:633,20 Y:398,60									Outillage manuel	
	15/08/1995 à 10h50	15/08/1995 à 14h50	8																			Outillage manuel	
	21/08/1994 à 14h40	21/08/1994 à 18h00	8																				
	24/08/1994 à 00h25	24/08/1994 à 08h00	2	Chaud																			
	16/07/1993 à 16h35	16/07/1993 à 18h15	2	Chaud	faible																	Outillage manuel	
	02/10/1993 à 10h45	02/10/1993 à 12h00	3	Frais	Ouest violent																	outillage manuel +CCF P/C	
	03/08/1992 à 11h25	03/08/1992 à 14h00	4	Chaud	Est faible																	Outillage manuel	
IGUER AMAR	06/09/2007 à 13h50	06/09/2007 à 17h40	10																			CCFL+CCF P/C	

IFELKAN	19/07/2010 à 13h55	19/07/2010 à 17h07	1									CCFL +Outillage manuel
	06/08/2010 à 14h25	06/08/2010 à 17h45	12									CCFL +Outillage manuel
	16/08/2006 à 14h10	16/08/2006 à 15h25	4			20%	500	X:630,8 Y:396,8				CCF P/C+Population
	28/08/1997 à 11h00	28/08/1997 à 12h00	1					X:631,75 Y:397,70				Outillage manuel
	15/08/1995 à 10h17	15/08/1995 à 13h30	3									Outillage manuel
	22/08/1994 à 05h30	22/08/1994 à 13h00	10									
	23/08/1994 à 22h45	24/08/1994 à 02h30	3		Sud Est très fort							
	13/10/1993 à 11h16	13/1/1993 à 16h00	20	Chaud								
IJAAD	08/08/2010 à 11h10	08/08/2010 à 11h50	1									CCFL +Outillage manuel
140	24/07/1996 à 13h25	24/07/1996 à 17h20	6									CCF P/C
IGUER NSAR	09/09/2008 à 10h10	09/09/2008 à 16h30	100									Outillage manuel + CCF P/C
	01/09/1996 à 15h30	01/09/1996 à 18h00	2									CCF Forêts +Outillage manuel
	14/08/1994 à 13H00	14/08/1994 à 18H30	5	Chaud								
	31/08/1992 à 13h20	31/08/1992 à 18h00	2,5									Outillage manuel
IKNACH E	24/09/2012 à 19h30	24/09/2012 à 21h45	4		Nord	11%	420m	X:36°52'13,32" Y:4°10'41,35"				CCFL+CC P/C
	17/09/2010 à 23h40	18/09/2010 à 01h05	1									CCFL
	13/08/2010 à 11h15	13/08/2010 à 13h30	3									Camion Citerne
	04/09/2008 à 11h45	04/09/2008 à 17h50	30									CCFL + CCF P/C
	08/10/2004 à 09h10	08/10/2004 à 16h00	4									CCF+ Pompe dorsale+ Outillage manuel
	17/07/1997 à 15h00	17/07/1997 à 16h40	3					X:632,70 Y:398,10				Outillage manuel
	13/09/1997 à 14h30	13/09/1997 à 16h25	4					X:632,50 Y:398,40				
	01/09/1996 à 15h00	01/09/1996 à 16h00	1,5									CCF Forêts +Outillage manuel
IMESSO UNEN	26/06/2012 à 20h40	27/06/2012 à 01h35	5		Nord	6,30%	617m	X:36°50'35,92" Y:4°15'38,85"				CCFL+P/C+Outillage manuel
	02/08/2012 à 01h20	02/08/2012 à 02h40	0,8									CCFL+CCFL P/C
	10/08/2012 à 15h40	10/08/2012 à 15h20	1									CCFL
	12/08/2012 à 09h15	15/08/2012 à 18h00	62									CCFL+P/C+02CC de l'APC Iflissen
	18/08/2012 à 05h20	18/08/2012 à 10h35	2									CCFL+CCFL P/C+Population
	04/09/2009 à 14h00	04/09/2009 à 15h15	1									CCFL Forêts
	25/10/2006 à 18h30	25/10/2006 à 22h00	1			10%	590	X:638,6 Y:395				
	25/10/2006 à 15h00	25/10/2006 à 18h30	10			10%	590	X:638,1 Y:395,2				CCFL+ Outillage manuel
	03/10/2006 à 10h20	03/10/2006 à 12h00	2			20%	480	x:639,9 Y: 395,8				CCFL
	02/08/2002 à 19h40	03/08/2002 à 02h00	4									Pompe dorsale + Pelles
	14/09/1999 à 20h30	14/09/1999 à 22h00	20		Nord	40%	560	X: 639 Y:395,6				
	27/10/1999 à 12h30	27/10/1999 à 16h00	45		Nord	30%	450	X:639,5 Y:396				
	21/08/1996 à 13h15	21/08/1996 à 15h15	4									CCF
	26/08/1996 à 14h00	26/08/1996 à 24h00	4									
	12/08/1994 à 10h30	12/08/1994 à 16h00	5	Chaud	Vent Est							CCF + Outillage manuel
	17/08/1994 à 10h15	17/08/1994 à 14h00	25	Chaud								Outillage manuel
	21/08/1994 à 16h45	21/08/1994 à 18h00	10									
	21/08/1994 à 17h00	21/08/1994 à 19h00	2									
	09/08/1993 à 09h50	09/08/1993 à 12h45	2	Chaud								Outillage manuel
	07/09/1993 à 13h49	07/09/1993 à 19h00	8	Chaud								CC P/C
	07/08/1991 à 12h05	07/08/1991 à 19h50	6	Chaud								CCF Forêt+Ouvriers communaux
ISSENAD JEN	17/07/2012 à 15h50	17/07/2012 à 16h30	2									CCFL
	09/09/2008à 19h50	10/09/2008à 02h00	300									CCF P/C+CCFL
	12/09/1997 à 18h20	12/09/1997 à 19h30	7					X:636,80 Y:399,15				Outillage manuel
	20/08/1994 à 15h10	20/08/1994 à 19h30	8									CCP/C + Outillage manuel
	21/08/1994 à 14h40	21/08/1994 à 18h00	3	Chaud	Sud							

	08/09/1993 à 14h30	08/09/1993 à 18h45	4	Chaud	Est						Outillage manuel+CCF P/C
ISSEMA DHEN											
LÄACHE	04/08/2012 à 20h45	04/08/2012 à 22h40	0,5								CCFL +Outillage manuel
	15/09/2011 à 13h25	15/09/2011 à 16h00	3								Outillage manuel
	13/09/2010 à 16h00	13/09/2010 à 18h20	2								CCFL+Outillage manuel
	10/07/1999 à 18h25	10/07/1999 à 19h30	3			Oues t	40%	450	X: 637,8 Y:398,5		Outillage manuel
	26/09/1992 à 11h45	26/09/1992 à 18h00	500	Chaud	Sud Violent						Outillage manuel
OUMAD HEN	29/06/2012 à 15h05	29/06/2012 à 16h25	1,5			Sud, Sud Oues t	20%	298m	X:36°53'14,53" Y:4°16'11,36"		CCFL +P/C+Outillage manuel
OUNES	09/09/2008 à 09h20	10/09/2008 à 02h00	100								CCFL + Outillage manuel + CCF P/C
SEMDAA	25/08/2000 à 12H30	25/08/2000 à 19H30	80								Outillage manuel
	06/07/1997 à 11h25	06/07/1997 à 19h30	10						X:633,70 Y:400,70		
	14/09/1994 à 14h30	14/09/1994 à 17h30	3	Chaud	Ouest violent						
	08/08/1993 à 12h25	08/08/1993 à 14h30	5	Chaud	Sud Ouest						CC P/C
SMIHA											
SAHEL	31/08/1998 à 22h10	31/08/1998 à 23h00	3			Nord Oues t	30%	300	X: 398,4 Y:635,6		
	21/08/1997 à 16h30	21/08/1997	0,07						X:639 Y:398,40		
SIDI KHALED	02/07/2012 à 12h15	02/07/2012 à 13h50	1			Tout es expo siti ons	0%	45m	X:36°53'50,35" Y:4°10'20,39"		CCFL+CC P/C
	12/08/1997 à 13h20	12/08/1997 à 14h30	0,5						X:631,45 Y:400,75		Outillage manuel+Population
	12/09/1997 à 16h45	12/09/1997 à 18h00	1,5						X:631,80 Y:400,60		
	13/09/1993 à 10h25	13/09/1993 à 14h00	10	Chaud	Très Fort Ouest						CCF+Outillage manuel
SID ALI YUCEF	09/09/2008à 15h10	10/09/2008à 02h00	6								CCF P/C + CCFL
TAOURI RT ZOUAOU	25/08/2012 à 10h10	25/08/2012 à 16h00	5								CC P/C
	21/08/1997 à 12h40	21/08/1997 à 14h30	3						X:638,90 Y:397,85		Outillage manuel
200	11/09/1997 à 12h10	11/09/1997 à 14h15	3						X:638,40 Y:397,80		CCF Forêt+Outillage manuel
	30/08/1992 à 12h30	30/08/1992 à 17h00	4	Chaud	Ouest faible						Outillage manuel
	26/09/1992 à 14h00	26/09/1992 à 148h00	35	Chaud	Sud violent						Outillage manuel
TAGUAR SIFT	12/08/2010 à 14h25	12/08/2010 à 16h00	1,5								CCFL+CC P/C
TASSER A	12/09/2007 à 10h35	12/09/2007à 12h00	2								Outillage manuel
	13/07/1997 à 19h00	13/07/1997 à 22h00	6						X:637 Y: 397,30		CCF
	26/08/1996 à 11h00	26/08/1996 à 12h00	1								CCF
TASSAN ANT	08/08/2008 à 16h45	08/08/2008 à 17h55	1								Outillage manuel
	14/07/1997 à 13h15	14/07/1997 à 16h30	6						X:636,70 Y:398,30		Outillage manuel
	26/08/1996 à 11h00	26/08/1996 à 13h30	2								CCF
	12/08/1995 à 08h30	12/08/1995 à 16h00	18								CCF Forêts+Outillage manuel
	14/08/1995 à 13h15	14/08/1995 à 18h00	4								CCF Forêts+Outillage manuel
	15/08/1995 à 10h15	15/08/1995 à 11h30	3								Outillage manuel
	22/07/1994 à 14h30	22/07/1994 à 16h30	2	Chaud	Est faible						CCF + Outillage manuel
	07/09/1994 à 14h30	07/09/1994 à 16h00	4	Chaud	Nord faible						CCF+Branchement
	14/09/1994 à 08h15	14/09/1994 à 10h20	1	Chaud	Ouest violent						CCF Forêts+Outillage manuel
TAKSEB T	14/09/2010 à 12h15	14/09/2010 à 13h10	1,5								CCFL+Outillage manuel
	21/07/2010 à 13h05	21/07/2010 à 14h12	1								CCFL Forêts+ CCFL P/C
	08/08/2010 à 17h30	08/08/2010 à 18h40	0,3								Outillage manuel
	07/07/2009 à 12h30	07/07/2009 à 14h00	6			Est Azef oun	2%	26	X:4°9'20"Y:36 °53'30"		CCFL Forêts+ CCP/C

	28/08/1997 à 14h25	28/08/1997 à 15h20	0,5						X:630,35 Y:400,96	Outillage manuel
	08/09/1996 à 14h30	08/09/1996 à 17h00	5							Outillage manuel
	06/07/1994 à 13h10	06/07/1994 à 16h45	20	Chaud	Vent West					CCF+Outillage manuel
	18/07/1991 à 11h14	18/07/1991 à 15h30	10	Chaud	Nord Est faible					Outillage manuel
TALA IARBAC HE	24/08/2010 à 16h40	24/08/2010 à 19h15	2							Outillage manuel
	17/09/1994 à 11h20	17/09/1994 à 15h00	7							CCF Forêts+Outillage manuel
TABOUD OUCHT	12/08/1993 à 14h20	12/08/1993 à 19h00	6							CCF+Outillage manuel
TELATA	21/08/2011 à 11h25	21/08/2011 à 14h30	4							CCFL
	29/07/1993 à 14h50	29/07/16/19 93 à 18h00	15							Outillage manuel
TIMLILI NE	05/10/2012 à 08h00	05/10/2012 à 09h30	1							CCFL +CCFL P/C
	09/09/2008 à 11h35	10/09/2008 à 02h00	20							CCF P/C + Outillage manuel
	30/10/1999 à 15h00	30/10/1999 à 22h00	12			Nord	40%	70m	X:639 Y: 401,5	
	05/09/1998 à 14h00	05/09/1998 à 17h00	10			Sud Est	15%	200m	X:638,05 Y:400	Pelles+Pioches+Outilla ge manuel
TIZI TEMLEL T	26/07/2012 à 16h55	26/07/2012 à 20h40	7							CCFL+CCFL P/C+Outillage manuel
	21/09/2012 à 23h00	22/09/2012 à 01h00	3							CCFL+02CC de la P/C
	07/10/2010 à 10h10	07/10/2010 à 11h10	1							CC P/C
	09/09/2010 à 13h25	09/09/2010 à 14h25	1							CCFL +P/C
	13/08/2010 à 11h45	13/08/2010 à 15h50	2							CCFL
	26/08/2008 à 14H20	26/08/2008 à 18H20	2							CCFL+ CCF P/C
	03/09/2006 à 10h50	03/09/2006 à 12h30	3				10%	120	X:629,6 Y:398,2	CCF P/C
	31/08/2006 à 13h50	31/08/2006 à 18h30	3				10%	120	X:620,5 Y:398,1	CCF + CCFL Forêt
	02/08/2003à 16h25	02/08/2003 à 18h00	7							CCF P/C + Outillage manuel
	31/08/1998 à 19h30	31/08/1998 à 23h30	7			Nord Oues t	10%	250	X: 396,6 Y:630,3	
	01/09/1997 à 11h40	01/09/1997 à 17h00	2						X:630,40 Y:397,93	CCF P/C
	12/09/1997 à 09h00	12/09/1997 à 10h50	1,5						X:629,90 Y:397,90	CCF P/C
	22/07/1994 à 11h05	22/07/1994 à 13h00	2	Chaud	Est faible					
	14/08/1994 à 13h40	14/08/1994 à 17h00	15	Chaud	Sud Ouest assez fort					CCF + Outillage manuel
	31/07/1992 à 10h15	31/07/1992 à 14h30	42	Chaud	Est faible					CCF P/C+Outillage manuel
	12/09/1992 à 02h20	12/09/1992 à 05h15	20	Chaud						Outillage manuel
	26/09/1992 à 19h00	27/09/1992 à 03h00	120	Chaud	Sud fort					CCF P/C+Outillage manuel
TALA MAHDI	22/07/2000 à 15h30	22/07/2000 à 19h30	2							Outillage manuel+CC P/C+Pelles
	23/07/2000à 06h00	23/07/2000 à 17h00	3							Outillage manuel+CC P/C
	12/09/1997 à 14h40	12/09/1997 à 17h00	0,2						X:329,20 Y:394,30	
	23/08/1993 à 10h55	23/08/1993 à 11h55	5			Est Fort				CCF+P/C+Outillage manuel
	17/09/1993 à 14h25	17/09/1993 à 18h05	2	Chaud	Faible de toute directio n					CCI
	31/08/1992 à 18h00	31/08/1992 à 19h35	2							CCF Forêt
	18/09/1992 à 13h35	18/09/1992 à 16h05	3							CCF P/C+Outillage manuel
	04/08/1991 à 20h45	05/08/1991 à 06h00	8	Moyen	Faible					CCF forêt +CC P/C
	26/08/1991 à 19h00	27/08/1991 à 04h30	12	Chaud	Sud faible					CCF Forêt+Outillage manuel
	31/08/1991 à 15h10	31/08/1991 à 10h25	5	Chaud	Nord Ouest faible					Outillage manuel
TALA N'CHEBI HA	29/06/1997 à 13h20	29/06/1997 à 15h25	1						X:631,70 Y:400	
TAMDA OUGMO UN	19/07/1995 à 12h30	19/07/1995 à 13h30	25	Chaud	Est					CCF des Forêts +Outillage manuel
ISSEKAN E	07/08/2010 à 10h45	07/08/2010 à 11h30	1							

	12/08/2012 à 14h20	12/08/2012 à 19h30	2,5								CCFL P/C+Outillage manuel
	16/08/2011 à 20h10	16/08/2011 à 21h20	1								CCFL
	17/09/2010 à 20h30	17/09/2010 à 22h00	1								CCFL + CC P/C
	11/09/2010 à 15h25	11/09/2010 à 17h25	4								
	06/07/1997 à 18h20	06/07/1997 à 19h30	1						X:637,40 Y:397,80		
	10/07/1997 à 17h45	10/07/1997 à 18h30	1						X:637,50 Y: 398		CCF +Outillage manuel
	12/09/1997 à 10h25	12/09/1997 à 11h30	1						X:637,30 Y:398,10		
	20/07/1996 à 14h00	20/07/1996 à 16h00	1,5								CCF des Forêts
	09/08/1994 à 14h50	10/08/1994 à 01h00	4	Chaud							CCF
	10/08/1994 à 13h40	10/08/1994 à 16h00	6	Chaud	Nord Ouest						
	31/08/1992 à 14h00	31/08/1992 à 08h50	9								CCF Forêt +Outillage manuel
PRI Mira	04/09/2008 à 15h05	04/09/2008 à 15h05	2								Outillage manuel

## Annexe 6: Base de données incendie de forêt commune de Tizirt 1990-2012

Lieu	Date et heure déclaration	Date et heure extinction	Superfici e (ha)	Temps	Vent	Exp.	Pente	Altitude (m)	Coordonnées	Moyens déployés
CHEURFA	13/07/2010 à 13h30	13/07/2010 à 14h05	1							CCFL
	22/08/2012 à 15h25	22/08/2012 à 16h05	0,5							CCFL + CC P/C
	15/09/2010 à 14h30	15/09/2010 à 16h25	2							CCFL + CC P/C+CC de L'APC
	07/10/2010 à 12h40	07/10/2010 à 14h40	10							CC P/C
	03/07/2008 à 14h50	03/07/2008 à 16h15	1							Outillage manuel
	09/09/2008a à 22h00	10/09/2008a à 02h00	30							CCF P/C+ CCFL
	16/11/2006 à 13h00	16/11/2006 à 17h00	10				40%	302	X:626,1 Y:398,4	CCF P/C+ CCFL
	15/11/2006 à 14h00	15/11/2006 à 15h00	1,5				40%	302	X:628,1 Y:398,4	CCFL+ Pompe dorsal
	14/09/2001 à 08h30	14/09/2001 à 12h00	1				40%	240	X: 628,5 Y:398,2	CCF P/C de Tizirt
	20/10/2001 à 10h00	20/10/2001 à 12h00	2				60%	300	X:628,3 Y:398,5	CCF P/C de Tizirt
	25/08/1999 à 20h00	26/08/1999 à 04h00	35			Nord Est	30%	250	X1:627,8 X2:629 Y1:398 Y2:399	Outillage manuel
	19/07/1995 à 13h00	19/07/1995 à 16h40	30	Chaud	Est					CCF Forêts+CCF P/C
	13/09/1993 à 13h55	13/09/1993 à 16h30	4	Chaud	Fort Ouest					CCF
	22/09/1993 à 11h00	22/09/1993 à 22h00	200	Chaud	Ouest très Fort					Outillage manuel+CCf Forêt
	13/10/1993 à 13h20	13/10/1993 à 16h00	55	Chaud	Sud lent					CC P/C
	16/07/1992 à 08h15	16/07/1992 à 12h00	20	Chaud	Est moyen					Outillage manuel
EL KELAA	02/10/2012 à 15h50	02/10/2012 à 17h50	3							CCFL +camion P/C
	19/09/2012 à 20h45	19/09/2012 à 22h30	7			Nord	7%	530	X:36°50'36,34" Y:4°07'14,44"	CCFL +camionP/C
	23/08/2012 à 10h05	23/08/2012 à 14h45	6							CCFL+CCFL P/C
	24/10/2011 à 13h40	24/10/2011 à 14h50	2							Outillage manuel
	24/10/2011 à 18h10	24/10/2011 à 19h40	1							Outillage manuel
	18/09/2010 à 00h10	18/09/2010 à 01h30	3							CCFL+CC P/C
	31/08/1997 à 10h05	31/08/1997 à 13h50	30						X:627,40 Y:395,30	Outillage manuel
	13/09/1993 à 10h00	13/09/1993 à 17h00	20							Outillage manuel
	14/07/1992 à 13h00	14/07/1992 à 15h30	3	Chaud	Nord et faible					Outillage manuel+CCF Forêt
	05/08/1992 à 11h27	05/08/1992 à 18h30	30	Chaud	Nord Est Fort					CCF +Pompe dorsale+Outilla ge manuel
	11/09/1992 à 10h15	11/09/1992 à 00h00	375	chaud	Est violent					Outillage manuel+ Branche

												ment
FERAOUN	01/08/1992 à 11h00	01/08/1992 à 13h45	5	Chaud	Est faible							CCF P/C +Outillage manuel
SAHEL	04/10/2012 à 13h10	04/10/2012 à 16h 40	3,5									CCFL
	09/09/2009 à 15h45	08/09/2009 à 17h30	1									02CCFL Forêts+01CC P/C
	03/09/1995 à 10h00	03/09/1995 à 18h00	15									
OUAROU DJEN E	21/07/2012 à 22h30	22/07/2012 à 00h50	2									CCFL +Outillage manuel
	01/09/2010 à 20h30	01/09/2010 à 21h20	2									CCFL +CC P/C
AGUEMADH	17/07/2012 à 10h25	17/07/2012 à 14h00	3									CCFL +CCFL P/C
TIZI NBEGHDAD	16/08/2011 à 15h25	16/08/2011 à 17h40	2									CCFL +CC P/C+Outillage manuel
CACOBATH	06/09/2011 à 17H00	06/09/2011 à 19H15	2									Outillage manuel
	27/10/2011 à 12H20	27/10/2011 à 13H30	2,5									CCFL
	15/08/2010 à 14h00	15/08/2010 à 17h40	0,5									CCFL des Forêts+CCF P/C
TIGHILT	21/07/2010 à 10h50	21/07/2010 à 11h30	0,5									
IGUER LAALA	15/07/2010 à 13h05	15/07/2010 à 16h00	4									CCFL +CC
TAZEBOUDJIT TAKOURANT	27/07/2010 à 14h42	27/07/2010 à 20h00	25									2CCFL Forêt+C P/C+CC deL'APC
	11/07/1994 à 15h40	11/07/1994 à 18h25	5	chaud	Est faible							CCF + Outillage manuel
	08/09/1992 à 16h10	08/09/1992 à 23h00	20ha	chaud	Est faible							Outillage manuel
HAGA	31/07/2010 à 11h30	31/07/2010 à 12h20	1									CCFL Forêt+CC P/C
	27/08/2010 à 16h35	27/08/2010 à 20h00	6									Service des Forêt+ P/C
	09/09/2008 à 2h00	09/09/2008 à 9h50	35									CCFL+CCF P/C
	09/09/2008 à 16h58	10/09/2008 à 02h00	37									CCFL+CCF P/C
	03/09/2006 à 14h20	03/09/2006 à 15h45	1			10%	100	X:626,4 Y:398,8				CCF P/C + Véhicule forêt
	18/08/2004 à 21h00	19/08/2004 à 02h00	8									Outillage manuel
	23/08/2004 à 20h00	25/08/2004 à 02h45	60									Outillage manuel+CC P/C
	25/08/2000 à 11h10	25/08/2000 à 14h30	40									
	14/09/1994 à 13h25	14/09/1994 à 20h30	10	Chaud	Ouest violent							P/C+Outillage manuel
TIFRA	11/10/2012 à 19h 45	11/10/2012 à 21h 45	5									CCFL +camionP/C
	04/10/2012 à 10h45	04/10/2012 à 13h10	2,5									CCFL
	22/08/2021 à 11h55	22/08/2012 à 20h15	40									CC P/C
	19/08/2012 à 01h05	19/08/2012 à 04h00	3									CCFL P/C Tizirt
	10/08/2012 à 19h30	10/08/2012 à 22h00	3									CCFL P/C Tizirt
	30/07/2010 à 11h30	30/07/2010 à 12h26	45m²+Hangard									CCFL+CC P/C
	09/08/2010 à 17h05	09/08/2010 à 21h00	120									Camion Citerne
	25/08/2010 à 18h00	25/08/2010 à 19h05	1									CCFL+Outillage manuel
	01/09/2010 à 21h30	01/09/2010 à 23h45	2									CCFL +CC P/C
	03/10/2006 à 9h30	03/10/2006 à 10h45	2			15%	150	X:628,7 Y:397				CCF P/C
	31/08/1997 à 11h40	31/08/1997 à 13h50	20					X:631 Y:396,30				Pelles +Pioches
	12/09/1997 à 12h45	12/09/1997 à 16h00	10					X:630,25 Y:395,96				
	22/07/1995 à 14h30	22/07/1995 à 16h20	6	Chaud	Est faible							FPT
	16/07/1994 à 14h45	16/07/1994 à 21h30	70	Chaud	Sud Est							Outillage manuel
	22/08/1994 à 14h30	22/08/1994 à 17h30	15									
	24/08/1994 à 09h20	24/08/1994 à 13h00	15	Chaud								Outillage manuel
	22/09/1993 à 15h00	22/09/1993 à 22h00	60									Outillage manuel+Population

	07/08/1991 à 11h40	07/08/1991 à 17h30	10	Chaud							CCF P/C
IGHZER OUKARMOUD H	31/08/2010 à 19h30	31/08/2010 à 21h10	1,5								CCFL+CC P/C
	02/08/2002 à 18h00	02/08/2002 à 23h00	3								Pompe dorsale
	22/08/1994 à 14h30	22/08/1994 à 17h00	15	Chaud	Faible						
	03/08/1993 à 14h10	03/08/1993 à 16h00	6	Chaud	Faible						CCF+Outillage manuel
TALA TESTANE	17/09/2010 à 19h30	17/09/2010 à 12h10	4								CCFL+CC P/C
	23/08/2004 à 15h00	24/08/2004 à 19h00	100								Outillage manuel
	25/08/1992 à 09h10	25/08/1992 à 11h45	10								CCF P/C
	20/09/1991 à 14h50	20/09/1991 à 17h30	2	Chaud	Nord Ouest fort						CCF+Outillage manuel+Population
EL AZAIB	20/08/2000 à 8h45	20/08/2000 à 14h00	2								CCF P/C
	20/08/2000 à 12h00	20/08/2000 à 15h00	2								
	25/08/1999 à 12h50	25/08/1999 à 23h00	7				30%	250	X: 625 Y:398		Pelles+Pioches
	06/10/1997 à 14h00	06/10/1997 à 17h45	2						X:625,30 Y:398,65		
	16/01/1995 -	16/01/1995 -	25								
	14/09/1994 à 09h45	14/09/1994 à 11h00	5	Chaud	Ouest violent						CCF P/C
	22/09/1993 à 14h10	22/09/1993 à 19h00	6	Chaud	Très Fort du Sud						CCF+Outillage manuel
CHREA	17/09/2010 à 9h50	17/09/2010 à 14h30	30								CCFL
AGOUNI OUSSENANE	17/09/2010 à 13h10	17/09/2010 à 16h30	4								CCFL
	19/09/2010 à 16h20	19/09/2010 à 17h05	0,8								CCFL+CC P/C
	08/09/1993 à 11h30	08/09/1993 à 18h35	10	Chaud	Est						Outillage manuel+CCP/C+CC APC Tiggirt
	11/08/1992 à 08h55	11/08/1992 à 16h45	3	Frais	Est assez fort						Outillage manuel
AGOUNI BOUDHA	07/10/2010 à 9h00	07/10/2010 à 9h20	1								CCFL+CC P/C

### Annexe 7: Base de données incendie de forêt commune de Mizrana, 1990-2012

Lieu	Date et heure déclaration	Date et heure extinction	Superficie (ha)	Tps	Vent	Exp.	Pente	Altitude (m)	Coordonnées	Moyens déployés
ARBOT	27/08/2010 à 14h40	27/08/2010 à 16h30	0,5							CCFL+CC de L'APC
	20/08/2000 à 13h00	21/08/2000 à 8h30	17							
	13/07/1997 à 20h30	14/07/1997 à 02h40	98						X: 625,90 Y:396,20	
	21/07/1995 à 11h45	21/07/1995 à 17h30	1,5							CCF P/C
AZROUBAR	06/08/2012 à 12h10	06/08/2012 à 22h38	3			Est	10%	619	X:36°50'19,17" Y:4°5'23,07"	02 CCFL+CC P/C Tiggirt+CC APC Mizrana
	12/08/2012 à 11h10	13/08/2012 à 02h40	40							03 CCFL+CC P/C
	30/08/2012 à 19h30	30/08/2012 à 20h05	0,5							CCFL
	05/07/2009 à 13h00	05/07/2009 à 13h45	1							
	09/09/2008 à 18h00	10/09/2008 à 02h00	36							CCFL
	03/10/2006 à 11h20	03/10/2006 à 14h45	1				20%	630	X:624,1 Y:393,7	CCF P/C T.O+CCFL
	30/08/2006 à 10h55	30/08/2006 à 13h00	1				10%	500	X:625 Y:395,6	Pompe dorsale +branchement
	02/08/2002 à 16h00	02/08/2002 à 17h50	4							CCF P/C + Outillage manuel+ Branchement
	20/08/2000 à 12h00	20/08/2000 à 23h00	3							
	24/08/2000 à 12h00	24/08/2000 à 23h00	8							CCF Forêt
18/09/2000 à 11h00	18/09/2000 à 13h00	1,5							CCF P/C	
03/07/1999 à 11h30	03/07/1999 à 19h30	1,5			Est	40%	700	X: 623,7 Y: 393,3		

	25/08/1999 à 16h50	25/08/1999 à 22h00	5				40%	550	X:624,4 Y: 394,6	Outillage manuel
	27/06/1997 à 10h00	27/06/1997 à 18h00	0,5						X:623,70 Y: 394,45	
	14/07/1997 à 10h00	14/07/1997 à 20h00	10						X:624,20 Y:394,70	Outillage manuel
	09/08/1997 à 14h30	09/08/1997 à 18h00	2						X:623,65 Y:394,80	Outillage manuel
	12/09/1997 à 11h40	12/09/1997 à 15h30	2						X:623,45 Y:395,10	
	17/07/1994 à 10h05	17/07/1994 à 19h00	3	chau d	d'Est					Outillage manuel
	22/09/1993 à 14h10	22/09/1993 à 22h00	3	chau d	Fort de toute directio n					
	11/10/1993 à 14h54	11/10/1993 à 18h30	4	chau d	de toute directio n					Outillage manuel+CCf Forêt
	21/09/1992 à 19h30	21/09/1992 à 21h10	2							CCF P/C+Outillage manuel
	26/09/1992 à 23h30	27/09/1992 à 03h00	3	chau d	Sud violent					CCF Forêt+CC P/C
	30/09/1992 à 10h30	30/09/1992 à 12h40	1	legér emen t fraîs	Presque nul					CCF Forêt+Outillag e manuel
ADRAR TOUGHMAS T	05/08/2012 à 17h50	06/08/2012 à 02h00	8							CCFL + CCFL P/C+Outillage manuel
	12/08/2012 à 16h25	13/08/2012 à 02h45	50							CCFL Forêt
	14/08/2012 à 06h00	14/08/2012 à 17h30	25							CCFL + CCFL P/Cde T.O+CCFL P/Cde Tigzirt 02 CCFL
	16/07/2009 à 14h50	16/07/2009 à 17h30	1							
	06/08/2009 à 10h40	06/08/2009 à 11h45	0,5							CCFL
	25/08/2009 à 15H15	25/08/2009 à 17H25	0,5							CCFL Forêt
	09/09/2008 à 11h40	10/09/2008 à 02h00	12							CCFL
	25/10/2004 à 13h20	25/10/2004 à 18h30	8							
	03/08/2000à 12h45	03/08/2000 à 17h45	7							CCF P/C+Outillage manuel
	18/08/2000 à 13h00	22/08/2000 à 05h30	30							
	14/07/1997 à 11h00	14/07/1997 à 22h00	7						X:623 Y:395,20	
	13/09/1997 à 17h00	13/09/1997 à 20h00	1						X:622,95 Y:395,45	Outillage manuel
	13/10/1993 à 12h00	13/10/1993 à 17h30	5	Chau d	Vent Sud Très Fort					Outillage manuel
	29/08/1991 à 09h45	30/08/1991 à 12h20	20	Chau d						CCF Forêt+CC P/C+Outillage manuel
BOUHACAN	20/08/2000à 13h20	21/08/2000 à 23h00	50							
	25/08/1999 à 22h00	26/08/1999 à 00h50	24				30%	300	X:625,9 Y:395,5	
	26/08/1996 à 13h00	26/08/1996 à 19h00	2							
	12/09/1996 à 12h00	12/09/1996 à 16h00	3							
	15/08/1995 à 15h00	15/08/1995 à 18h00	5							CCF Forêts+camion P/C
	16/01/1995 -	16/01/1995 -	10							
	18/07/1992 à 17h50	18/07/1992 à 20h15	1	Chau d	Nord Est					Outillage manuel
IGUER GUIRES	30/06/2012 à 21h30	01/07/2012 à 00h15	4							CCFL + P/C+Outillage manuel
	12/08/2012 à 12h00	14/08/2012 à 05h00	10							
	21/08/2012 à 21h00	21/08/2012 à 23h15	15							Camion Citerne P/C
	13/08/1994 à 11h00	13/08/1994 à 20h00	40	Chau d	Sud					Outillage manuel
NADOR	08/08/2012 à 17h00	09/08/2012 à 02h00	12							CCFL
	15/08/2012 à 19h45	16/08/2012 à 22h00	3,5							02 CCFL
	20/08/2012 à 17h15	21/08/2012 à 00h30	5							CCFL

	29/08/2012 à 12h25	29/08/2012 à 12h55	0,5									
	09/09/2008 à 11h10	10/09/2008 à 01h30	3									CCFL
	24/07/1993 à 13h50	24/07/1993 à 21h00	4	Chaud	Nord Ouest Fort							CCF+Outillage manuel
TALA MIMOUN	13/07/1997 à 13h00	13/07/1997 à 08h00	8								X:620,30 Y:397,60	
	10/08/1994 à 13h50	10/08/1994 à 21h00	4	Chaud	Nord Ouest							Outillage manuel
TALA BOUDRIES	12/08/2012 à 19h35	13/08/2012 à 19h25	70									CCFL + CCFL P/C
	09/09/2008 à 11h10	10/09/2008 à 03h00	10									Outillage manuel
	03/10/2006 à 16h00	03/10/2006 à 18h30	3					30%	590		X:624 Y:395,6	BMF (citerne)
	20/08/2000 à 10h00	21/08/2000 à 16h00	30									
	10/08/1995 à 20h30	10/08/1995 à 22h30	1									
TAMAZIRT OURABAH	24/09/2012 à 00h15	24/09/2012 à 02h35	2,5					12%	482		X:36°51'35,80" Y:4°5'27,89"	CCFL + CCFL P/C
	05/07/2012 à 17h30	05/07/2012 à 20h00	1									Outillage manuel
	13/08/2012 à 11h45	13/08/2012 à 19h10	26									CCFL + CCFL P/C + Outillage manuel
	09/08/2010 à 15h32	09/08/2010 à 19h10	7									CCFL
	17/09/2010 à 10h10	17/09/2010 à 11h35	0,5									CCFL
	03/10/2010 à 10h40	03/10/2010 à 12h15										CCFL
	23/10/2006 à 13h15	23/10/2006 à 16h20	2					20%	550		X:624,5 Y:395	
	20/08/2000 à 8h45	21/08/2000 à 19h30	50									P/C + Forêts + Outillage manuel
	03/07/1999 à 15h00	03/07/1999 à 21h15	2,5			Est		50%	500		X: 625 Y:396,2	
	25/07/1999 à 12h00	25/07/1999 à 15h30	1			Nord Est		70%	600		X: 625 Y:395,65	
	21/08/1997 à 13h20	21/08/1997 à 15h00	0,5								X:625,45 Y:396,22	
	09/08/1994 à 17h50	11/08/1994 à 09h00	95	Chaud	Nord ouest							CCF Forêts + CCF + Camion Ravitaieur P/Civile
	14/08/1994 à 09h00	15/08/1994 à 04h00	25									
TALA ABANE												
TAMEZGUI DA	17/09/2010 à 18h50	17/09/2010 à 20h30	2									CCFL
	09/09/2008 à 8h50	09/09/2008 à 18h00	1									Outillage Manuel
	17/11/2006 à 10h00	17/11/2006 à 17h30	35					80%	650		X:625,9 Y:395,6	CCFL
	29/08/2001 à 14h00	29/08/2001 à 17h25	2,5					80%	400		X:626 Y:395,2	Outillage Manuel
	20/08/2000 à 13h00	21/08/2000 à 07h00	30									CCF P/C
	15/07/1997 à 13h00	15/07/1997 à 18h	2								X:624,50 Y:395,45	
TIBECHARI NE	04/12/2012 à 09h20	04/10/2012 à 11h00	0,3									CCFL
TIZI N'BOUALI	21/09/2012 à 13h00	21/09/2012 à 19h25	15			Nord Ouest		22%	441		X:36°52'10,94" Y:4°4'36,48"	CCFL + CCP/C
	28/07/2012 à 22h20	28/07/2012 à 00h20	1,02						634		X:36°51'17,70" Y:4°4'31,70"	02 CCFL + CCFL P/C
	09/08/2012 à 21h45	10/08/2012 à 02h45	1									CCFL + CCFL
	25/08/2012 à 00h50	25/08/2012 à 07h00	2									CCFL + CCP/C
	25/08/2012 à 18h00	26/08/2012 à 00h05	1									CCFL + Outillage manuel
	25/08/2012 à 13h00	25/08/2012 à 18h50	5									
	26/08/2010 à 15h25	26/08/2010 à 16h20	1									CCFL
	12/09/2010 à 13H50	12/09/2010 à 14H20	0,5									CCFL
	17/09/2010 à 13h00	17/09/2010 à 15h50	70									CCFL
	17/08/2000 à 01H50	21/08/2000 à 19h00	170									
	25/08/1999 à 19h00	25/08/1999 à 23h00	6					50%	490		X:623,8 Y:397,1	
	26/08/1996 à 17h00	26/08/1996 à 21h30	3,5									
	10/08/1994 à 11h25	10/08/1994 à 21h15	9	Chaud	Nord Ouest							Outillage manuel
	13/08/1994 à 12h45	13/08/1994 à 20h00	29,5									Outillage manuel

SMEHA	09/09/2008 à 9h40	09/09/2008 à 23h50	15							CCFL
SAHEL	05/09/2008 à 12h30	05/09/2008 à 13h20	2							02 CCFL+ CCF P/C
TALA TOUGHRAS T	05/08/2012 à 19h15	05/08/2012 à 23h40	2			Ouest	16%	700	X:36°50'16,28" Y:4°2'51,38"	CCFL +CCFL P/C+Outillage manuel
	18/08/2012 à 17h50	18/08/2012 à 23h40	6							CCFL +CC P/C de T.O
	25/08/2012 à 12h10	25/08/2012 à 18h00	25			Sud Ouest	20%	580	X:36°50'31,96" Y:4°2'13,94"	CCFL +02 CCFL P/C T.O+CC P/C Dellys
	27/08/2011 à 11h15	27/08/2011 à 12h00	1							CCFL
	29/09/1992 à 19h00	29/09/1992 à 22h25	1,25	Frais	Ouest faible					Outillage manuel

Annexe 8: Bilan incendies 1994, Circonscription d'Azzefoun

Bilan 5 : Rapport détaillé des incendies Années : 1994

N°	Nom de forêt	Date de déclaration	Date de l'extinction	Superficie (ha)	Essences brûlées	Temps	Vent	Exposition	pente	Altitude (m)	Vitesse (ha/h)	durée
1	Tifrest	01/06/1994 11h00	03/06/1994 24h00	15	chêne liège chêne zeen	chaud	faible	S	50%		0.25	61h00
2	Tamguout	04/07/1994 13h30	05/07/1994 13h00	30	chêne liège chêne zeen olivier	chaud	faible	S	60%	665	1.28	23h30
3	Imamouchene	11/07/1994 14h45	12/07/1994 8h15	15	chêne liège	chaud	faible	O	10%	600	0.83	18h00
4	Aghrib	12/07/1994 13h30	12/07/1994 21h00	4	chêne liège	chaud	faible	O	40%	667	0.53	7h30
5	Tala h'did	13/07/1994 14h00	13/07/1994 19h00	10	maquis résineux	chaud	faible	NE	30%	340	2	5h00
6	Tamazirt auguichil	13/7/1994 17h00	14/07/1994 8h00	1	chêne zeen	chaud	faible	O	40%	677	0.07	15h00
7	Tigrine onsklou	9/07/1994 11h00	14/7/1994 8h00	65	chêne liège eucalyptus maquis chêne liège broussaille sous bois	chaud	assez fort	S	40%	300	56	117h00
8	Tala ranim	13/7/1994 14h40	15/7/1994 6h00	5	bois	chaud	faible	S	50%	613	0.12	41h00
9	Tala ranim	16/7/1994 13h30	18/7/1994 19h00	15	chêne liège broussaille sous bois	chaud	faible	S	50%	613	0.28	54h00
10	Eladdeur	19/7/1994 12h45	20/7/1994 5h00	5	chêne liège olivier	chaud	assez fort	O	15%	332	0.38	13h15
11	Tamguout	12/7/1994 13h30	21/7/1994 13h00	1663	divers	chaud	assez fort	S	50%	800	7.65	217h30
12	Agroardj	23/7/1994 13h30	23/7/1994 16h00	5	olivier herbe sèche	chaud	fort	O	15%	332	2	2h30
13	Tifrit	29/7/1994 9h30	30/7/1994 21h00	15	chêne liège chêne zeen	chaud	fort	S	50%	800	0.42	36h00
14	Tifrit	31/07/1994 13h00	28/1994 22h00	25	chêne liège chêne zeen	chaud	assez fort	S	60%	800	0.44	57h00
15	Tala merad	3/8/1994 11h45	4/8/1994 8h00	4	chêne liège	chaud	assez fort	E	20%	346	0.2	20h15
16	Tifrit	4/08/1994 14h00	5/8/1994 2h00	2	chêne liège chêne zeen	chaud	faible	S	60%	800	0.17	12h00
17	Tafourist	7/8/1994 16h00	10/8/1994 12h00	95	chêne liège olivier broussaille	chaud	faible	E	30%	600	1.4	68h00
18	Tala ranim	10h8/1994 10h30	11/8/1994 8h00	60	chêne liège chêne zeen	chaud	toutes directions	N	40%	800	2.79	21h30
19	Ait sidi yahia	9/8/1994 10h00	10/8/1994 14h30	420	résineux eucalyptus diss olivier broussaille herbe sèche	chaud	fort	toutes	40%	500	14.74	28h30
20	Tifrest	10/08/1994 14h30	10/8/1994 21h00	50	eucalyptus diss	chaud	assez fort	N	40%	344	1.64	30h30
21	Ait sidi yahia	13/8/1994	13/08/1994	7	eucalyptus diss	chaud	fort	S	40%	700	0.88	8h00



42	Cheurfa	30/8/1994 22h00	31/8/1994 11h00	20	eucalyptus	chaud	fort	N	40%	270	1.54	13h00
43	Iguodjal	1/9/1994 16h50	2/9/1994 18h00	5	résineux	chaud	faible	E	40%	300	0.2	25h10
44	Ihamziouene	7/09/1994 19h00	8/9/1994 6h30	80	eucalyptus olivier diss broussaille	chaud	faible	N	40%	548	6.96	11h30
45	Tifzouine	8/9/1994 14h00	9/9/1994 6h30	6	broussaille herbe sèche	chaud	fort	E	40%	260	0.36	16h30
46	Oubarkane	14/9/1994 7h00	14/9/1994 17h00	5	chene zeen	chaud	faible	N	40%	1100	0.5	10h00
47	Tamgout	14/9/1994 7h30	15/9/1994 8h00	5	chene liege	chaud	faible	O	30%	640	0.2	24h30
48	Ighil sifardas	14/9/1994 13h00	14/9/1994 20h30	6	chene zeen	chaud	faible	N	40%	950	0.71	8h30
49	Tiza	14/9/1994 8h00	14/9/1994 21h30	15	résineux	chaud	faible	O	40%	340	1.25	12h00
50	Azzefoun	14/9/1994 9h	14/9/1994 20h00	6	résineux	chaud	faible	N	40%	335	0.5	12h00
51	Tifrest	14/9/1994 9h00	14/9/1994 20h30	5	eucalyptus	chaud	faible	N	40%	240	0.45	11h00
52	Bezarka	14/9/1994 10h00	14/9/1994 19h00	7	Résineux diss	chaud	faible	N	50%	250	0.78	9h00

①②③④⑤⑥⑦⑧⑨⑩

## Annexe 9: Bases de données spatiales et environnementales, Kabylie maritime

	Surface brûlée (ha)	Altitude	pente (%)	Distance à la route (m)	Distance TU (m)	Catég.voie	Type
1	15	114	15	257	466	N	M
2	2	542	16	462	155	C	F
3	25	736	20	22	164	C	F
4	30	596	25	228	795	PA	F
5	2,5	131	15	200	280	N	M
6	24	194	30	470	368	N	F
7	5	377	12	84	545	C	F
8	8	378	20	226	361	C	F
9	4	404	50	25	563	PA	F
10	3	409	70	139	56	PA	F
11	35	570	80	40	86	C	F
12	2,5	616	80	78	43	C	M
13	2	126	10	40	87	C	B
14	15	287	15	5	65	PA	F
15	40	385	30	6	47	PA	F
16	2	516	20	5	316	PA	B
17	2,5	526	40	14	144	PA	B
18	1	610	70	26	286	D	F
19	0,5	702	10	67	375	D	F
20	45	782	40	182	36	C	B
21	30	784	40	228	100	N	F
22	7	112	5	79	111	N	M
23	3	102	10	78	50	C	M
24	12	353	40	141	528	PA	F
25	4	589	50	72	152	C	F
26	2,5	590	8	77	39	D	F
27	26	627	12	340	55	D	B
28	50	739	50	402	231	D	F
29	12	763	50	10	528	C	F
30	8	700	70	25	86	PA	F
31	1	683	10	14	61	D	F
32	1	825	20	85	33	C	F
33	1,5	646	40	142	329	N	F
34	5	696	35	67	213	N	F
35	0,5	30	7	13	72	PA	B
36	2	80	10	168	550	C	M
37	5	521	45	43	260	C	F
38	15	415	22	128	209	PA	F
39	1	473	25	50	132	PA	F
40	6	661	50	73	429	PA	F
41	3	632	45	72	54	C	M
42	5	620	50	58	135	PA	M
43	10	603	40	75	52	PA	B
44	1	596	20	107	112	PA	F
45	10	610	20	10	145	PA	F
46	2	631	30	5	245	N	F
47	2	804	10	44	297	C	M
48	7	13	10	21	60	C	M
49	2	110	15	58	32	C	M
50	25	140	12	123	38	PA	M
51	70	525	30	236	172	C	F
52	170	449	45	211	101	C	F
53	5	627	50	234	346	C	F
54	12	533	40	98	270	C	F
55	3,5	489	50	91	239	C	M
56	5	462	60	150	195	N	M
57	0,5	424	30	52	891	PA	M

58	3	632	40	119	93	N	M
59	8	750	30	77	68	N	B
60	1,5	818	40	63	388	PA	B
61	2	143	20	44	211	PA	B
62	1	96	15	223	160	PA	M
63	15	149	30	5	22	PA	M
64	0,5	167	25	45	739	C	F
65	17	311	30	263	69	N	F
66	98	310	40	109	256	C	F
67	1,5	315	20	188	270	C	B
68	5	27	10	44	414	C	M
69	1	175	30	7	76	N	B
70	7	205	40	15	126	N	B
71	30	740	30	201	170	N	B
72	2	443	25	23	58	N	M
73	33	494	20	11	200	N	B
74	100	496	30	65	102	N	B
75	10	596	25	132	215	PA	M
76	30	775	40	125	54	PA	M
77	10	193	40	136	259	C	M
78	1,5	264	40	51	108	C	M
79	1	233	40	252	331	C	B
80	2	201	60	172	250	PA	M
81	2	178	30	101	39	C	B
82	2	689	35	24	240	PA	B
83	6	141	8	150	631	PA	B
84	0,5	56	5	53	582	PA	B
85	2	145	15	310	675	PA	M
86	35	171	15	319	589	PA	M
87	30	123	20	171	455	C	M
88	2	90	15	97	243	PA	M
89	1	106	10	170	460	PA	M
90	22	175	15	215	400	PA	B
91	350	216	20	61	70	N	M
92	1	550	30	455	134	C	B
93	20	694	15	161	50	N	B
94	10	180	40	311	45	N	B
95	5	109	50	26	283	C	B
96	20	208	30	64	77	C	B
97	2,5	332	20	38	70	C	B
98	2	214	10	114	197	C	B
99	3	302	15	110	48	PA	B
100	3	350	15	115	886	PA	B
101	7	440	20	119	91	C	B
102	2	592	40	22	94	PA	B
103	1,5	26	8	58	62	PA	B
104	1	32	12	5	52	PA	B
105	0,5	33	5	259	41	N	B
106	1,5	79	15	358	60	N	B
107	7	127	15	164	46	C	B
108	8	220	18	41	383	PA	B
109	10	298	15	102	86	C	M
110	3	405	12	418	105	C	M
111	4	414	15	156	120	C	B
112	4	425	10	292	160	C	B
113	4	436	15	181	170	C	M
114	1	551	12	32	561	PA	F
115	15	686	15	237	376	PA	F
116	12	773	40	233	277	PA	F
117	0,5	811	10	84	50	N	B
118	1,5	705	40	78	155	PA	B

119	1	794	25	2	67	C	B
120	10	195	25	100	206	PA	B
121	1	244	22	370	400	PA	B
122	10	330	43	131	110	PA	B
123	5	492	7	239	200	PA	B
124	100	684	42	33	608	PA	M
125	3	702	3	51	363	N	M
126	10	85	10	342	70	N	M
127	1	87	15	87	167	C	M
128	3	580	40	49	82	PA	M
129	1,5	655	50	66	94	PA	M
130	17	641	40	62	102	PA	B
131	3	65	15	164	185	N	B
132	10	182	25	362	288	N	M
133	20	95	20	63	65	PA	B
134	1	213	18	116	190	C	M
135	0,08	298	25	387	77	C	M
136	0,5	535	25	170	145	C	M
137	10	483	20	239	120	C	B
138	10	741	30	62	210	C	M
139	3	478	25	16	173	PA	B
140	720	457	2	89	77	C	B
141	150	752	30	134	114	C	M
142	4	831	35	317	166	C	M
143	1	260	35	313	142	C	M
144	2	440	36	37	316	PA	M
145	0,5	488	40	88	424	PA	M
146	2,5	465	33	129	293	PA	B
147	0,8	530	28	38	240	PA	B
148	0,9	672	17	96	452	PA	M
149	1	702	8	152	790	PA	M
150	5	690	13	62	457	PA	M
151	25	710	27	32	187	N	B
152	7	745	32	190	653	C	M
153	6	277	2	93	531	PA	M
154	2	249	11	452	100	N	B
155	1	306	12	67	217	C	B
156	1	290	14	77	323	PA	M
157	3	446	30	414	246	C	M
158	3	472	28	105	56	C	B
159	0,7	531	9	74	53	C	M
160	1	523	35	168	92	PA	B
161	5	689	30	32	67	PA	M
162	1	196	23	60	128	C	F
163	60	250	41	96	410	C	B
164	1,5	198	38	213	315	C	F
165	3	400	34	438	122	N	M
166	0,07	605	28	91	694	C	B
167	1	629	42	119	125	C	F
168	4	697	36	60	60	C	F
169	5	630	30	262	85	PA	F
170	1	27	42	94	90	N	F
171	10	250	48	63	220	C	M
172	6	243	15	138	70	C	F
173	12	508	40	80	139	PA	M
174	10	509	10	87	964	PA	M
175	1,5	623	30	110	228	C	B
176	0,2	676	24	60	220	PA	B
177	2	662	22	32	50	PA	F
178	20	560	40	123	43	C	F
179	45	450	30	149	202	C	B

180	500	369	16	85	479	C	M
181	2	413	38	229	72	C	M
182	30	359	50	166	52	C	F
183	1	274	12	64	220	C	F
184	70	355	50	366	182	C	F
185	2	356	9	998	122	PA	F
186	6	386	16	667	290	PA	F
187	4	403	20	359	810	PA	F
188	4	405	11	50	1105	C	B
189	5	511	10	689	638	C	F
190	25	548	12	254	476	PA	F
191	10	618	10	86	414	PA	F
192	2	629	20	65	584	PA	F
193	2	666	29	40	535	PA	F
194	8	272	33	356	200	C	F
195	6	292	36	127	450	C	M
196	9,5	418	50	53	267	C	F
197	0,8	418	44	48	567	C	F
198	1	417	15	278	471	C	F
199	62	337	29	750	250	C	M
200	2	646	40	28	462	PA	F
201	1	194	15	400	307	N	F
202	300	358	25	345	598	C	F
203	1,5	225	20	84	274	PA	F
204	4	351	20	46	394	PA	F
205	6	576	30	230	151	C	M

### Annexe 10: Bases de données facteurs anthropiques

Cellules	Nbr.incendies	Bâti (P/A)	Agrégation d'habitat	Nbr.élevages	Nbr. interfaces H/F
A3	0	0		0	0
A4	1	0		0	0
A5	0	0		0	0
A6	1	0		22	6
A7	0	0		2	0
A8	0	0		0	0
A9	2	1	G	9	2
B3	0	0		33	6
B4	2	0		16	4
B5	2	1	D	14	1
B6	4	1	D	15	4
B7	0	1		6	2
B8	0	0		8	5
B9	0	0		3	1
C4	1	1	D	0	0
C5	1	1	D	1	0
C6	1	1	D	0	0
C7	2	1	D	11	0
C8	3	1	D	8	0
C9	0	0	0	6	5
C10	1	1	D	4	7
D4	2	1	D	3	4
D5	0	1		6	5
D6	2	1	D	7	4
D7	1	1	G	0	6
D8	2	1	D	2	0
D9	4	1	G	1	1
D10	1	1	D	5	0
E4	1	1	D	7	1
E5	1	1	D	6	4
E6	0	1		5	7
E7	3	1	G	3	2
E8	4	1	G	2	12

E9	3	1	G	3	1
E10	1	1	D	25	8
F4	1	1	D	10	2
F5	2	1	G	5	5
F6	0	1		17	7
F7	2	1	D	0	0
F8	4	1	G	0	4
F9	0	1		4	0
F10	2	1	D	8	1
G4	0	1		3	0
G5	3	1	D	3	0
G6	2	1	D	3	1
G7	2	1	D	10	4
G8	1	1	D	1	4
G9	3	1	D	0	5
G10	1	1	D	2	0
H4	0	1		13	1
H5	0	1		5	2
H6	2	1	D	4	10
H7	0	1		7	0
H8	1	1	G	2	3
H9	0	1		0	4
H10	1	0		1	3
I4	1	1	G	12	0
I5	3	1	G	9	3
I6	2	1	D	3	3
I7	0	1	D	1	4
I8	0	0		0	2
I9	0	0		0	1
I10	1				
J2	0	0		0	1
J3	1	1	G	0	3
J4	2	1	D	8	0
J5	6	0		9	2
J9	2	1	D	2	0
J6	0	1		0	1
J7	0	1		11	3
J8	0	1		6	1
K2	0	0		4	4
K3	2	1	D	0	3
K4	1	1	G	0	0
K5	2	1	D	14	0
K6	1	1	D	0	3
K7	3	1	G	5	7
K8	1	1	G	3	3
K9	1	1	D	9	1
L3	3	1	G	11	3
L4	2	1	D	12	2
L5	2	1	D	1	0
L6	4	1	D	0	1
L7	2	0		1	0
L8	2	1	D	27	5
L9	2	1	D	8	2
M3	0	0		9	2
M4	0	1		2	1
M5	3	1	D	0	1
M6	1	1	D	1	3
M7	1	1	D	0	3
M8	0	0		12	2
M9	0	0		2	2
N3	0	0		12	4
N4	1	0		30	2
N5	0	0		0	2
N6	0	1		0	0
N7	2	1	G	0	0
N8	2	1	G	5	3
N9	0	0		13	3
O3	0	0		22	7
O4	3	1	D	0	6
O5	2	1	D	8	2
O6	0	1		0	3

O7	2	1	G	13	1
O8	1	1	D	19	1
O9	1	1	D	0	3
P3	0	1		0	4
P4	1	1	D	0	0
P5	0	1		12	3
P6	4	1	D	3	4
P7	1	1	D	10	5
P8	6	0		5	2
P9	0	1		2	0
Q3	2	1	G	0	0
Q4	3	1	G	3	4
Q5	3	1	G	0	1
Q6	2	1	D	3	3
Q7	2	1	D	0	0
Q8	1	0		9	1
Q9	0	1		10	5
R2	0	0		0	3
R3	3	1	D	0	0
R4	0	1		3	1
R5	1	1	D	3	0
R6	0	1		0	0
R7	0	1		0	1
R8	3	1	G	0	1
R9	0	0		2	5
S2	0	0		0	7
S3	2	1	D	7	6
S4	0	1		10	13
S5	1	1	D	0	3
S6	0	0		0	0
S7	2	1	D	0	1
S8	2	1	D	7	3
S9	2	1	D	3	5
T2	0	0		0	2
T3	0	1		5	9
T4	2	1	D	0	8
T5	2	1	D	5	5
T6	2	1	G	0	0
T7	3	0		2	1
T8	2	0		5	0
T9	4	0		0	0
U2	0	0		0	0
U3	0	1		0	0
U4	3	1	G	0	3
U5	1	0		9	6
U6	1	1	D	1	1
U7	1	1	D	2	0
U8	0	1		0	0
U9	1	0		1	1
V2	0	0		0	0
V3	0	1		3	4
V4	1	0		1	6
V5	3	0		23	3
V6	1	1	D	0	0
V7	0	1		0	0
V8	0	1		5	3
V9	0	1		7	1

## Annexe 11: Centres et effectifs de chaque classe des variables explicatives des incendies

Centre de classe DRR	Effectifs incendies DRR	Centre de classe DTU	Effectifs incendies DTU	Centre de classe Altitude	Effectifs incendies Altitude	Centre de classe Pente	Effectifs incendies Pente	Centre de classe Surface brûlée	Effectifs incendies surface brûlée
52	108	76.5	78	41	11	4	2	36	196
152	46	185.5	45	123	19	12	3	108	3
252	23	294.5	30	205	23	20	2	180	2
352	16	403.5	19	287	17	28	9	252	0
452	8	512.5	14	369	21	36	12	324	2
552	0	621.5	10	451	25	44	40	396	0
652	2	730.5	2	533	20	52	56	468	1
752	1	839.5	5	615	30	60	12	540	0
852	0	948.5	1	697	22	68	26	612	0
952	1	1057.5	1	785	17	76	37	684	1

## Annexe 12: Recensement générale de la population et de l'habitat 2008-Wilaya de Tizi Ouzou

COMMUNES ET DAIRA	SUPERFICIE (KM <sup>2</sup> )	Population RGPH 2008	Densité (Hab. /Km <sup>2</sup> )
TIZI OUZOU	102,36	135 088	1 320
<b>TOTAL DAIRA</b>	<b>102,36</b>	<b>135 088</b>	<b>1 320</b>
A. EL HAMMAM	38,55	20 401	529
AKBIL	37,04	8 898	240
ABI YUCEF	16,86	7 693	456
AIT YAHIA	52,44	14 439	275
<b>TOTAL DAIRA</b>	<b>144,89</b>	<b>51 431</b>	<b>355</b>
AZAZGA	77,05	34 683	450
FREHA	68,55	24 228	353
IFIGHA	46,86	9 160	195
ZEKRI	88,51	3 283	37
YAKOUREN	79,30	12 203	154
<b>TOTAL DAIRA</b>	<b>360,27</b>	<b>83 557</b>	<b>232</b>
AZEFFOUN	126,66	16 847	133
AGHRIBS	65,11	12 474	192
AKERROU	41,75	4 660	112
AIT CHAFAA	85,49	3 775	44
<b>TOTAL DAIRA</b>	<b>319,01</b>	<b>37 756</b>	<b>118</b>
BENI DOUALA	35,09	21 551	614
AIT MAHMOUD	25,73	7 699	299
BENI AISSI	21,25	7 628	359
BENI ZMENZER	20,29	12 117	597
<b>TOTAL DAIRA</b>	<b>102,35</b>	<b>48 995</b>	<b>479</b>
BENI YENNI	34,25	5 737	168
IBOUDRAREN	32,50	5 398	166
YATAFEN	15,99	4 016	251
<b>TOTAL DAIRA</b>	<b>82,74</b>	<b>15 151</b>	<b>183</b>
BOGHNI	51,50	31 263	607
ASSI YUCEF	26,28	14 789	563
BOUNOUH	26,99	9 731	361

MECHTRAS	17,36	12 683	731
<b>TOTAL DAIRA</b>	<b>122,13</b>	<b>68 466</b>	<b>561</b>
BOUZEGUENE	66,90	24 311	363
BENI ZIKKI	20,64	3 381	164
I. OUMALOU	50,38	12 952	257
IDJEUR	72,06	10 301	143
<b>TOTAL DAIRA</b>	<b>209,97</b>	<b>50 945</b>	<b>243</b>
D.BEN KHEDDA	33,41	31 382	939
SIDI NAMANE	42,24	10 688	253
TADMAIT	63,66	22 838	359
TIRMITINE	32,91	19 027	578
<b>TOTAL DAIRA</b>	<b>172,23</b>	<b>83 935</b>	<b>487</b>
D. EL. MIZAN	80,84	38 886	481
AIN ZAOUIA	56,89	17 320	304
FRIKAT	38,59	12 791	331
A.Y. MOUSSA	62,90	20 426	325
<b>TOTAL DAIRA</b>	<b>239,21</b>	<b>89 423</b>	<b>374</b>
L.N.IRATHEN	39,28	29 376	748
AIT AGOUACHA	26,21	4 306	164
IRDJEN	21,24	13 149	619
<b>TOTAL DAIRA</b>	<b>86,73</b>	<b>46 831</b>	<b>540</b>
IFERHOUNEN	32,95	12 460	378
ILLILTEN	26,84	9 142	341
IMSOUHEL	24,69	6 565	266
<b>TOTAL DAIRA</b>	<b>84,47</b>	<b>28 167</b>	<b>333</b>
MAATKAS	45,29	32 121	709
S. EL THENINE	20,86	14 660	703
<b>TOTAL DAIRA</b>	<b>66,15</b>	<b>46 781</b>	<b>707</b>
MAKOUDA	57,43	23 388	407
BOUDJIMA	34,94	15 628	447
<b>TOTAL DAIRA</b>	<b>92,37</b>	<b>39 016</b>	<b>422</b>
MEKLA	64,71	24 237	375
AIT KHELLILI	24,58	11 627	473
SOUAMAA	39,96	9 954	249
<b>TOTAL DAIRA</b>	<b>129,25</b>	<b>45 818</b>	<b>354</b>
OUACIFS	17,18	10 313	600
AIT BOUMAHDI	23,23	6 113	263
AIT TOUDDERT	34,59	8 521	246
<b>TOTAL DAIRA</b>	<b>74,99</b>	<b>24 947</b>	<b>333</b>
OUADHIAS	32,83	15 771	480
AIT BOUADDOU	39,30	14 435	367
TIZI N'TLETA	26,90	15 479	575
A.GUEGHANE	40,51	9 692	239
<b>TOTAL DAIRA</b>	<b>139,54</b>	<b>55 377</b>	<b>397</b>
OUAGUENOUN	39,78	17 425	438
AIT A.MIMOUN	36,30	20 268	558
TIMIZART	65,14	28 996	445
<b>TOTAL DAIRA</b>	<b>141,21</b>	<b>66 689</b>	<b>472</b>
TIGZIRT	41,68	11 962	287
IFLISSEN	66,87	14 311	214
MIZRANA	57,84	9 469	164
<b>TOTAL DAIRA</b>	<b>166,38</b>	<b>35 742</b>	<b>215</b>
TIZI GHENIFF	41,07	29 409	716
M'KIRA	35,84	17 690	494
<b>TOTAL DAIRA</b>	<b>76,91</b>	<b>47 099</b>	<b>612</b>
TIZI RACHED	31,05	17 161	553
AIT OUMALOU	13,74	8 790	640

TOTAL DAIRA	44,79	25 951	579
TOTAL WILAYA	2 957,94	1 127 165	381

### Annexe 13: Base de données humidité relative de l'air

#### 1- Humidité relative moyenne (en %)

Station : TIZI OUZOU Période : 1990 - 2009  
 Altitude : 188 m Latitude : 36°42 N Longitude : 04°03 E

Année	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec	Annuel
1990	81.	70.	69.	72.	74.	59.	51.	50.	53.	66.	76.	80.	67.
1991	79.	80.	72.	70.	67.	59.	47.	44.	59.	76.	75.	79.	67.
1992	78.	74.	79.	74.	71.	65.	60.	54.	58.	72.	80.	80.	70.
1993	77.	81.	71.	72.	70.	61.	55.	57.	63.	69.	80.	82.	70.
1994	82.	74.	70.	69.	59.	53.	44.	48.	62.	78.	82.	85.	67.
1995	83.	79.	74.	66.	57.	63.	50.	53.	61.	66.	63.	74.	66.
1996	72.	76.	73.	70.	69.	66.	53.	58.	62.	72.	69.	74.	68.
1997	71.	74.	65.	65.	64.	52.	54.	53.	59.	69.	76.	78.	65.
1998	77.	78.	70.	68.	77.	61.	53.	55.	62.	70.	80.	80.	69.
1999	81.	80.	73.	68.	66.	57.	51.	55.	61.	65.	78.	82.	68.
2000	83.	75.	68.	65.	70.	60.	49.	43.	57.	72.	72.	75.	66.
2001	80.	78.	65.	69.	71.	47.	49.	51.	63.	61.	75.	81.	66.
2002	82.	76.	74.	75.	65.	51.	56.	55.	61.	65.	77.	80.	68.
2003	81.	82.	75.	79.	75.	56.	52.	50.	68.	73.	74.	77.	70.
2004	80.	76.	79.	72.	79.	65.	60.	57.	60.	58.	82.	81.	71.
2005	85.	81.	81.	76.	68.	60.	53.	58.	67.	71.	79.	81.	72.
2006	81.	81.	74.	69.	72.	57.	52.	61.	63.	66.	70.	83.	69.
2007	80.	79.	80.	84.	72.	69.	56.	59.	65.	77.	81.	86.	74.
2008	77.	79.	82.	83.	75.	76.	79.	67.	56.	53.	0.	0.	61.
2009	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Moyen	75.	74.	70.	68.	66.	57.	51.	52.	58.	65.	69.	72.	65.

#### 2- Humidité relative minimale (en %)

Station : TIZI OUZOU Période : 1990 - 2009  
 Altitude : 188 m Latitude : 36°42 N Longitude : 04°03 E

Année	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec	Annuel
1990	59.	40.	38.	45.	47.	32.	27.	24.	27.	38.	51.	60.	41.
1991	52.	53.	45.	43.	38.	33.	21.	21.	32.	47.	46.	53.	40.
1992	53.	43.	53.	49.	43.	36.	31.	28.	27.	43.	54.	59.	43.
1993	50.	56.	44.	42.	42.	37.	28.	29.	33.	41.	57.	58.	43.
1994	60.	44.	41.	40.	32.	28.	21.	22.	36.	53.	57.	65.	41.
1995	59.	52.	48.	34.	31.	37.	25.	28.	34.	35.	39.	53.	40.
1996	50.	53.	50.	48.	43.	41.	30.	32.	36.	43.	43.	52.	43.
1997	49.	46.	34.	37.	40.	28.	30.	28.	36.	44.	52.	56.	40.
1998	55.	54.	42.	44.	55.	37.	28.	31.	38.	43.	57.	59.	45.
1999	62.	59.	48.	40.	38.	34.	30.	31.	35.	40.	57.	61.	45.
2000	60.	49.	40.	37.	46.	36.	26.	20.	33.	46.	45.	53.	41.
2001	57.	53.	39.	42.	46.	25.	26.	29.	37.	34.	53.	60.	42.
2002	61.	49.	47.	49.	40.	29.	34.	31.	39.	38.	51.	58.	44.
2003	60.	57.	48.	54.	48.	30.	29.	25.	40.	47.	48.	56.	45.
2004	57.	49.	56.	47.	56.	37.	35.	30.	32.	32.	55.	59.	45.
2005	61.	57.	54.	52.	39.	35.	27.	33.	37.	42.	52.	58.	45.
2006	59.	57.	50.	42.	47.	32.	25.	34.	35.	36.	43.	62.	44.
2007	53.	52.	54.	61.	45.	43.	28.	35.	38.	49.	57.	63.	48.
2008	49.	54.	59.	60.	47.	46.	55.	42.	27.	31.	0.	0.	39.
Moyen	53.	49.	44.	43.	41.	33.	28.	28.	33.	39.	46.	52.	41.

3- Humidité relative maximale (en %)

Station : TIZI OUZOU Période : 1990 - 2009  
 Altitude : 188 m Latitude : 36°42 N Longitude : 04°03 E

Année	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Jui	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec	Annuel
1990	94.	89.	90.	91.	92.	82.	78.	76.	74.	87.	92.	94.	87.
1991	94.	95.	91.	92.	92.	86.	73.	68.	83.	93.	93.	94.	88.
1992	94.	92.	94.	93.	92.	88.	87.	80.	83.	91.	94.	94.	90.
1993	92.	94.	92.	92.	91.	86.	80.	85.	87.	89.	95.	96.	90.
1994	95.	94.	91.	92.	83.	79.	69.	76.	83.	94.	96.	97.	87.
1995	96.	95.	93.	90.	84.	88.	78.	78.	83.	86.	83.	90.	87.
1996	90.	92.	92.	89.	91.	87.	78.	83.	84.	90.	89.	90.	88.
1997	89.	92.	88.	88.	87.	79.	79.	77.	80.	87.	92.	92.	86.
1998	92.	94.	89.	90.	93.	86.	77.	78.	83.	90.	94.	94.	88.
1999	94.	94.	91.	89.	87.	81.	74.	77.	84.	84.	93.	95.	87.
2000	96.	94.	89.	89.	90.	84.	71.	65.	77.	91.	90.	91.	86.
2001	95.	94.	87.	91.	91.	71.	73.	74.	83.	82.	92.	93.	85.
2002	94.	93.	92.	94.	89.	76.	80.	78.	83.	86.	95.	94.	88.
2003	95.	96.	94.	96.	95.	81.	77.	77.	90.	94.	92.	91.	90.
2004	94.	92.	94.	92.	94.	91.	86.	83.	85.	79.	96.	95.	90.
2005	97.	95.	96.	95.	92.	86.	79.	81.	92.	91.	96.	96.	91.
2006	95.	96.	92.	91.	93.	84.	82.	85.	87.	90.	90.	96.	90.
2007	96.	96.	96.	97.	93.	93.	86.	84.	87.	95.	96.	97.	93.
2008	95.	95.	96.	96.	95.	95.	96.	91.	85.	77.	0.	0.	77.
Moyen	89.	89.	87.	87.	86.	80.	75.	75.	79.	84.	83.	85.	83.

**Annexe 14: Base de données cumuls mensuels des précipitations**

CUMULS MENSUELS DES PRECIPITATIONS (en mm)

Station : TIZI OUZOU Période : 1990 - 2009  
 Altitude : 188 m Latitude : 36°42 N Longitude : 04°03 E

Année	Janv	Fevr	Mars	Avri	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Octo	Nov	Dece	Annuel
1990	80.8	.0	40.6	88.4	89.5	21.7	18.5	.0	11.4	55.7	63.9	229.9	700.4
1991	104.2	145.1	83.6	43.0	41.3	3.2	1.0	6.7	11.6	177.8	34.5	13.8	665.8
1992	145.3	41.0	94.0	170.0	62.5	33.1	7.3	.2	6.7	80.0	94.9	195.3	930.3
1993	50.6	69.5	28.7	130.0	48.1	.5	.0	7.5	66.1	41.5	83.5	102.6	628.6
1994	114.5	80.9	1.6	59.9	3.5	.4	.0	10.3	129.4	70.4	17.6	138.6	627.1
1995	308.9	45.0	109.1	35.0	.7	13.1	.3	18.2	9.2	19.8	25.5	81.8	666.6
1996	156.1	219.0	63.2	157.9	55.2	22.4	8.6	7.8	37.7	102.4	64.8	76.4	971.5
1997	50.8	15.7	24.7	78.9	27.5	3.7	.8	14.7	42.3	89.4	202.5	153.9	704.9
1998	49.8	163.6	64.9	98.5	231.8	1.0	.0	2.8	34.8	87.1	132.7	93.1	960.1
1999	123.0	92.6	75.3	19.6	40.6	1.3	.0	2.3	32.6	15.4	149.0	219.2	770.9
2000	20.5	5.1	6.5	38.3	56.7	6.4	.0	.2	5.4	51.8	78.4	68.6	337.9
2001	231.6	73.7	4.0	41.2	45.8	.0	.0	2.2	36.8	8.6	52.0	63.2	559.1
2002	81.1	33.2	47.2	53.9	46.1	1.7	2.9	2.8	31.0	31.9	211.2	274.1	817.1
2003	302.7	106.0	59.3	128.3	34.4	1.2	3.2	3.3	21.3	67.7	78.4	166.9	972.7
2004	127.9	52.3	110.0	86.4	146.0	4.6	.1	10.2	36.0	36.9	106.9	197.4	914.7
2005	132.1	121.2	30.0	69.5	1.5	.1	.6	1.7	22.1	57.5	72.6	87.2	596.1
2006	142.7	168.9	35.0	20.2	77.6	5.6	2.4	.4	36.5	18.6	7.3	170.5	685.7
2007	8.4	63.4	284.6	201.5	23.8	14.9	11.3	1.6	34.6	64.0	257.4	90.2	1055.7
2008	64.0	191.0	114.8	217.5	43.7	91.7	167.4	34.3	.0	.0	.0	.0	927.0
2009	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
Moyen	114.7	84.4	63.9	86.9	53.8	11.3	11.2	6.4	30.3	53.8	86.7	121.1	724.6

## Annexe 15: Base de données nombre de jour de pluie

### NOMBRE DE JOURS DE PLUIES

Station : TIZI OUZOU Période : 1990 - 2009  
 Altitude : 188 m Latitude : 36°42 N Longitude : 04°03 E

Année	Janv	Fevr	Mars	Avri	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Octo	Nov	Dec	Annuel
1990	18	0	13	15	14	6	2	0	6	11	16	16	117
1991	10	18	11	8	8	4	2	6	8	17	11	6	109
1992	10	7	16	15	8	7	4	1	4	10	12	15	109
1993	6	13	11	14	9	1	0	4	7	7	12	12	96
1994	15	12	1	10	3	1	0	2	11	13	9	11	88
1995	16	6	10	7	2	5	1	5	7	8	8	14	89
1996	15	19	13	11	10	4	6	6	9	8	11	17	129
1997	15	5	4	11	9	3	2	7	9	12	19	14	110
1998	10	11	10	10	20	2	0	4	7	9	12	14	109
1999	16	16	13	6	5	3	0	5	9	6	18	12	109
2000	8	3	4	9	7	4	0	1	4	10	11	14	75
2001	17	12	3	7	9	0	0	2	9	4	11	10	84
2002	9	6	9	11	4	2	4	4	4	7	16	14	90
2003	27	18	8	10	6	2	3	2	7	17	13	16	129
2004	10	9	13	14	15	4	1	1	8	5	13	17	110
2005	13	18	8	8	2	1	1	3	6	9	13	12	94
2006	17	15	5	5	4	3	2	1	6	5	5	16	84
2007	6	12	15	15	6	2	1	3	8	13	12	17	110
2008	13	14	15	19	16	10	19	4	0	1	0	0	111
2009	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Moyen	12.6	10.7	9.1	10.3	7.8	3.2	2.4	3.0	6.4	8.6	11.1	12.4	97.6
Maxi	27	19	16	19	20	10	19	7	11	17	19	17	129

## Annexe 16: Base de données durées mensuelles des précipitations

### DUREES MENSUELS DES PRECIPITATIONS (en H)

Station : TIZI OUZOU Période : 1990 - 2009  
 Altitude : 188 m Latitude : 36°42 N Longitude : 04°03 E

Année	Janv	Fevr	Mars	Avri	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Octo	Nov	Dec	Annuel
1990	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
1991	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
1992	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
1993	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
1994	66.1	31.1	.2	21.3	1.5	.8	.0	2.3	26.9	28.2	15.6	51.9	245.9
1995	105.2	25.7	49.3	15.0	1.0	10.4	.3	3.6	9.2	10.4	6.5	31.4	268.0
1996	66.2	114.7	40.8	72.3	27.5	19.3	6.6	3.6	4.0	19.5	30.9	41.5	446.9
1997	33.7	8.9	.0	44.7	13.9	2.2	.4	8.8	7.9	29.1	68.7	52.1	270.4
1998	22.8	37.3	31.3	43.0	84.3	1.4	.0	2.0	10.0	22.2	46.3	48.0	348.6
1999	81.1	71.5	44.2	10.1	17.6	1.5	.0	1.6	9.1	14.1	65.6	104.6	421.0
2000	12.2	3.3	5.5	14.0	14.5	3.0	.0	.1	2.7	25.5	31.3	24.4	136.5
2001	96.4	41.6	2.0	18.9	25.9	.0	.0	1.6	12.3	2.9	30.6	34.2	266.4
2002	40.1	15.3	26.4	26.8	10.6	.4	2.5	2.0	8.8	16.2	70.0	96.9	316.0
2003	138.2	67.3	18.6	84.1	25.9	2.7	1.2	.4	4.9	20.9	30.0	69.9	464.1
2004	57.6	28.0	41.5	35.9	66.4	1.2	1.0	1.2	8.2	16.7	33.1	88.8	379.6
2005	79.4	91.6	27.0	28.1	1.6	.1	.3	.7	11.1	16.4	43.0	39.2	338.5
2006	82.3	74.7	10.7	5.5	33.2	2.0	.9	1.7	6.9	7.5	5.4	92.5	323.3
2007	5.3	32.6	91.6	81.2	14.5	1.1	.9	.7	11.9	25.8	64.5	48.6	378.7
2008	25.8	63.3	66.1	113.1	30.8	36.3	73.8	6.0	.0	.0	.0	.0	416.2
2009	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
Moyen	45.6	35.3	22.8	30.7	18.5	4.1	4.4	1.8	6.7	12.8	27.1	41.2	251.0

## Annexe 17: Base de données des températures

1- Moyenne mensuelle des températures moyennes (en °C)

Station : TIZI OUZOU Période : 1990 - 2009  
 Altitude : 188 m Latitude : 36°42 N Longitude : 04°03 E

Année	Janv	Fevr	Mars	Avri	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Octo	Nove	Dece	Annuel
1990	10.8	14.1	14.5	14.8	19.4	25.5	27.0	27.9	28.2	21.2	14.8	9.5	19.0
1991	9.6	9.6	14.3	13.8	16.1	23.9	28.7	29.3	26.3	18.8	13.8	9.7	17.9
1992	9.2	10.7	12.0	14.7	19.1	21.2	26.2	28.5	25.9	18.9	15.2	11.3	17.8
1993	9.4	10.2	12.7	14.8	19.7	24.4	27.3	28.5	23.6	19.8	14.1	11.6	18.1
1994	10.6	11.8	15.3	14.2	21.9	24.9	30.2	31.9	25.0	20.6	15.8	11.3	19.5
1995	10.1	13.5	12.9	14.8	21.2	24.2	28.4	27.9	23.3	21.4	16.4	13.8	19.0
1996	13.3	10.4	13.5	15.8	18.7	23.1	27.0	27.8	22.4	17.9	15.5	12.8	18.2
1997	12.3	13.0	13.4	16.4	21.3	25.4	27.3	28.6	25.7	20.8	15.7	12.1	19.4
1998	11.2	12.7	13.8	16.2	18.6	24.6	28.2	28.2	25.5	18.2	14.4	10.3	18.5
1999	10.6	9.4	13.9	16.3	22.0	26.0	28.4	30.6	26.4	23.4	13.9	11.0	19.4
2000	8.8	12.4	15.0	17.1	22.3	25.2	29.7	30.2	25.8	19.2	15.4	12.6	19.5
2001	11.3	11.0	17.4	16.3	19.5	26.9	28.8	29.8	25.8	24.1	14.7	9.8	19.7
2002	10.5	12.1	14.3	15.9	20.5	26.2	27.5	28.1	24.5	21.1	15.9	13.6	19.2
2003	10.6	10.0	14.6	16.4	19.7	28.0	30.8	30.9	25.0	21.4	16.7	11.3	19.7
2004	11.3	13.2	13.5	15.3	17.4	24.6	27.9	29.8	26.5	23.5	14.1	12.1	19.1
2005	8.1	8.1	13.7	16.0	21.3	26.0	29.3	27.8	24.4	21.7	14.9	11.3	18.6
2006	9.7	10.8	14.9	18.9	23.0	25.4	29.4	27.5	25.1	23.6	18.1	12.6	20.0
2007	12.3	13.6	13.0	16.4	20.1	24.1	28.2	28.7	25.2	20.8	14.3	11.4	19.0
2008	20.8	14.2	11.1	11.1	11.4	13.4	14.7	21.6	25.8	29.3	.0	.0	14.5
2009	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
Moyen	10.5	11.0	13.2	14.8	18.6	23.1	26.3	27.2	24.0	20.3	13.7	10.4	17.8

2- Moyenne mensuelle des températures minimales (en °C)

Station : TIZI OUZOU Période : 1990 - 2009  
 Altitude : 188 m Latitude : 36°42 N Longitude : 04°03 E

Année	Janv	Fevr	Mars	Avri	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Octo	Nove	Dece	Annuel
1990	6.8	7.5	8.8	9.7	14.4	18.8	20.2	20.6	21.4	15.7	10.5	5.6	13.4
1991	4.4	5.3	9.6	8.3	9.5	17.0	20.6	21.2	19.9	14.1	8.4	4.2	11.9
1992	3.7	4.3	7.1	9.1	12.6	14.9	18.8	20.3	18.5	13.1	9.9	7.0	11.6
1993	3.3	5.3	6.6	8.8	13.7	17.7	20.2	21.4	17.2	14.3	9.6	6.8	12.1
1994	6.2	6.1	8.5	8.4	14.8	17.7	22.1	24.3	19.3	16.0	10.5	6.5	13.4
1995	5.6	7.8	7.4	7.8	14.0	17.8	20.9	21.1	17.2	14.8	11.1	9.6	13.0
1996	9.3	6.8	8.6	10.7	13.0	17.1	20.3	21.4	16.4	12.2	10.3	8.7	12.9
1997	8.4	7.1	6.5	10.2	15.2	18.7	20.4	21.3	19.5	15.4	11.7	8.3	13.6
1998	6.8	7.4	7.8	10.7	14.0	17.8	20.7	21.2	19.6	12.3	10.1	6.0	12.9
1999	6.8	5.1	8.5	9.4	15.6	19.5	21.0	23.8	20.1	17.5	9.9	7.1	13.7
2000	3.7	6.2	8.5	11.1	16.1	18.3	22.6	22.5	19.5	13.8	10.5	7.8	13.4
2001	7.0	5.8	11.5	10.2	13.8	19.2	21.8	22.9	19.5	17.8	10.4	5.5	13.8
2002	5.7	6.6	8.9	10.4	14.1	19.1	21.4	21.2	18.8	14.9	11.6	9.7	13.6
2003	7.3	5.8	9.1	11.3	13.7	20.5	23.8	23.8	19.1	16.5	12.1	7.4	14.3
2004	6.8	8.0	8.7	10.0	12.7	17.5	20.8	22.8	19.5	17.0	9.3	8.3	13.5
2005	3.1	3.9	8.6	11.0	14.4	19.0	21.9	20.8	17.9	15.7	10.1	7.2	12.8
2006	5.7	6.3	9.2	12.8	16.9	18.5	21.8	20.9	18.4	17.1	12.4	8.5	14.1
2007	7.0	9.1	8.1	12.3	14.1	17.8	20.8	21.9	19.4	15.4	9.6	7.2	13.6
2008	15.4	9.6	7.0	7.5	6.3	7.4	9.9	15.2	18.2	22.2	.0	.0	9.9
2009	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
Moyen	6.2	6.2	7.9	9.5	12.9	16.7	19.5	20.4	18.0	14.8	9.4	6.6	12.4

3- Moyenne mensuelle des températures maximales (en °C)

Station : TIZI OUZOU Période : 1990 - 2009  
 Altitude : 188 m Latitude : 36°42 N Longitude : 04°03 E

Année	Janv	Fevr	Mars	Avri	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Octo	Nove	Dece	Annuel
1990	14.7	20.7	20.3	19.9	24.5	32.2	33.8	35.3	35.1	26.8	19.2	13.5	24.7
1991	14.7	14.0	19.0	19.3	22.7	30.7	36.8	37.5	32.8	23.6	19.2	15.2	23.8
1992	14.6	17.1	16.9	20.3	25.5	27.4	33.6	36.7	33.4	24.6	20.5	15.7	23.9
1993	15.5	14.9	18.8	20.7	25.6	31.0	34.4	35.5	30.0	25.3	18.5	16.5	24.0
1994	14.9	17.4	22.0	20.0	29.0	32.0	38.3	39.5	30.7	25.2	21.1	16.1	25.6
1995	14.5	19.1	18.4	21.8	28.4	30.6	35.9	34.7	29.4	28.1	21.8	18.0	25.1
1996	17.3	14.1	18.5	20.9	24.4	29.1	33.6	34.2	28.2	23.6	20.7	16.9	23.5
1997	16.2	18.9	20.3	22.7	27.3	32.1	34.2	35.8	31.8	26.1	19.6	16.0	25.1
1998	15.5	18.0	19.8	21.7	23.2	31.4	35.7	35.0	31.5	24.1	18.6	14.5	24.1
1999	14.4	13.8	19.3	23.1	28.5	32.5	35.7	37.3	32.8	29.2	17.9	14.9	25.0
2000	13.9	18.6	21.4	23.2	28.4	32.1	36.8	37.7	32.0	24.6	20.2	17.4	25.6
2001	15.6	16.1	23.3	22.4	25.2	34.5	35.8	36.6	32.1	30.4	19.0	14.2	25.5
2002	15.1	17.7	19.8	21.5	27.0	33.3	33.6	35.0	30.2	27.4	20.2	17.5	24.9
2003	13.9	14.3	20.0	21.4	25.6	35.5	37.8	37.9	31.0	26.3	21.2	15.1	25.1
2004	15.8	18.4	18.2	20.6	22.0	31.7	35.0	36.7	33.5	30.0	19.0	15.9	24.7
2005	13.0	12.3	18.9	21.1	28.1	33.0	36.6	34.8	30.8	27.7	19.6	15.4	24.3
2006	13.7	15.3	20.6	24.9	29.0	32.3	37.1	34.2	31.7	30.1	23.8	16.7	25.9
2007	17.6	18.0	17.9	20.5	26.1	30.3	35.7	35.5	31.0	26.2	18.9	15.6	24.5
2008	26.2	18.8	15.3	14.7	16.4	19.4	19.5	28.0	33.4	36.3	.0	.0	19.0
2009	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
Moyen	14.9	15.9	18.4	20.0	24.3	29.6	33.0	33.9	30.1	25.8	17.9	14.3	23.2

**Annexe 18: Base de données de la vitesse du vent**

MOYENNE MENSUELLE DES VITESSES DU VENT MOYEN (en M/S)

Station : TIZI OUZOU Période : 1990 - 2009  
 Altitude : 188 m Latitude : 36°42 N Longitude : 04°03 E

Année	Janv	Fevr	Mars	Avri	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Octo	Nove	Dece	Annuel
1990	1.0	1.9	1.4	1.6	1.7	2.5	2.3	1.9	2.2	1.8	1.6	1.9	1.8
1991	1.1	1.7	2.5	1.9	1.8	2.1	1.9	1.7	1.4	1.7	1.4	.6	1.7
1992	1.2	1.3	1.6	1.8	1.7	2.1	1.5	1.4	1.6	1.5	1.4	1.6	1.5
1993	.9	.6	1.7	1.5	1.9	2.3	2.6	2.4	2.0	1.8	1.2	1.6	1.7
1994	1.7	1.9	1.6	2.0	2.4	2.6	2.2	2.6	2.0	1.4	1.0	.9	1.8
1995	1.7	1.6	1.6	1.4	2.1	2.5	2.4	1.9	1.7	1.0	1.7	1.8	1.8
1996	2.0	2.4	2.0	1.9	2.1	2.1	2.2	2.5	2.1	1.7	2.2	2.3	2.1
1997	2.1	1.2	1.3	1.4	2.4	2.6	2.4	1.8	1.2	1.1	2.1	1.5	1.8
1998	1.2	.9	1.4	2.1	1.9	2.1	2.0	1.6	1.6	1.3	.8	1.2	1.5
1999	1.1	1.2	1.7	1.7	2.0	2.5	2.1	2.2	2.0	1.7	1.2	1.4	1.7
2000	.3	1.0	1.2	2.4	2.0	2.0	2.2	1.9	1.6	.9	1.7	2.2	1.6
2001	1.6	1.4	2.1	1.6	1.8	2.2	2.1	1.8	1.1	.9	.9	.2	1.5
2002	.1	.5	.5	1.0	1.0	.9	.8	1.6	.7	.5	2.1	1.8	1.0
2003	2.3	1.2	1.2	2.0	1.6	2.8	2.6	2.6	1.7	1.5	1.2	2.1	1.9
2004	1.0	2.1	1.7	2.1	2.1	2.4	2.7	2.7	1.6	1.2	.9	1.7	1.8
2005	.5	.9	1.4	2.4	2.2	3.1	2.8	2.3	1.8	1.1	1.0	.9	1.7
2006	.7	1.2	2.6	2.4	2.3	3.0	2.8	2.8	2.3	1.9	1.5	.8	2.0
2007	1.0	2.2	2.3	1.5	1.6	2.3	2.3	2.1	1.5	1.0	1.0	.3	1.6
2008	1.0	1.1	1.0	1.6	1.3	1.4	1.0	1.2	1.7	1.0	999.9	999.9	1.3
2009	999.9	999.9	999.9	999.9	999.9	999.9	999.9	999.9	999.9	999.9	999.9	999.9	999.9
Moyen	1.2	1.4	1.6	1.8	1.9	2.3	2.2	2.0	1.7	1.3	1.4	1.4	1.7

MOYENNE MENSUELLE DES VITESSES DU VENT MAXIMAL (en M/S)

Station : TIZI OUZOU Période : 1990 - 2009  
 Altitude : 188 m Latitude : 36°42 N Longitude : 04°03 E

Année	Janv	Fevr	Mars	Avri	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Octo	Nove	Dece	Annuel
1990	8.6	9.8	9.7	11.4	10.1	11.5	10.4	10.5	12.1	11.0	10.7	10.2	10.5
1991	7.5	10.1	13.3	11.1	10.7	10.8	11.5	10.6	10.1	10.9	9.1	6.0	10.1
1992	7.3	8.2	10.0	11.4	9.8	10.8	9.5	9.1	9.5	10.6	8.7	9.5	9.5
1993	6.7	7.6	9.8	10.1	10.4	11.0	12.2	11.2	11.1	11.0	7.7	8.4	9.8
1994	9.8	12.6	9.6	11.7	11.6	11.5	10.5	12.0	11.6	8.7	7.3	7.1	10.3
1995	10.6	9.4	10.6	9.8	10.9	11.4	10.7	11.1	10.4	8.7	9.8	10.1	10.3
1996	11.9	13.2	10.4	10.4	10.6	9.8	11.2	12.0	11.3	9.6	11.4	11.6	11.1
1997	11.4	8.3	8.6	9.7	11.3	12.9	12.0	11.1	8.8	9.2	11.9	8.8	10.3
1998	7.9	7.4	9.2	11.2	10.1	10.0	10.1	10.4	10.6	8.7	8.4	7.6	9.3
1999	8.3	9.3	10.8	10.4	11.3	11.4	10.1	10.9	11.7	10.6	8.4	9.6	10.2
2000	4.7	8.0	8.7	13.3	10.4	10.2	10.8	11.4	10.5	8.9	11.4	10.7	9.9
2001	10.7	10.3	11.9	10.6	10.1	11.4	11.4	10.1	9.3	9.2	8.0	4.6	9.8
2002	2.7	7.3	8.5	9.9	9.6	9.1	9.7	10.4	9.5	8.8	14.1	10.9	9.2
2003	14.9	11.7	10.2	12.9	8.2	15.1	15.7	15.9	13.1	12.6	12.3	12.3	12.9
2004	9.9	13.7	13.1	13.5	12.8	12.2	13.6	13.6	12.6	11.4	9.0	8.5	11.9
2005	5.3	9.9	10.9	13.4	12.5	13.9	14.1	13.4	12.9	10.7	11.3	9.1	11.7
2006	10.2	10.0	14.2	14.2	13.0	15.4	14.3	14.3	14.4	12.8	11.0	8.2	12.7
2007	9.3	12.9	13.5	11.3	11.5	13.7	13.4	14.3	10.8	9.3	9.8	7.0	11.4
2008	9.3	9.6	7.6	10.3	11.0	9.5	9.7	8.8	9.2	9.3	9.9	9.9	9.5
2009	9.9	9.9	9.9	9.9	9.9	9.9	9.9	9.9	9.9	9.9	9.9	9.9	9.9
Moyen	8.8	10.0	10.6	11.4	10.8	11.7	11.6	11.6	11.0	10.1	10.0	8.9	10.6

**Annexe 19:** Base de données de variables météorologiques heure par heure, station de Boukhalfa, le 26/09/1992.

Incendie de Lâach : Départ 11h45-Extinction 18h15

	Heure	Vitesse W	Direction W	Température	Humidité R	I85-90
26/09	0	0	0	240	45	
	1	2	4			
	2	2	4			
	3	0	0	287	32	
	4	0	0			
	5	0	0			
	6	0	0	260	31	8,16
	7	0	0	245	40	4,72
	8	0	0	249	39	5,11
	9	0	0	289	28	9,31
	10	7	22	329	18	18,28
	11	8	22	331	18	18,28
Départ	12	5	8	335	21	17,32
	13	10	20	363	15	18,85
	14	6	22	346	16	18,47
	15	5	30	304	32	15,92
	16	7	28	269	48	15,41
	17	5	4	259	48	13,89
Extinction	18	5	4	272	37	15,29
	19	0	0			
	20	8	16			
	21	11	18	324	21	
	22	7	16			
	23	7	18			

**Annexe 20 : Base de données de variables météorologiques heure par heure, station de  
Boukhalfa, le 25-26/08/1999**

Incendie d'Agouni Moussi : Départ 11h45-Extinction 04h00

	Heure	Vitesse W	Direction W	Température	Humidité R	185-90
25/08	0	2	2	300	32	7,77
	1	2	4	289	36	6,24
	2	2	6	280	37	5,86
	3	0	0	275	39	5,09
	4	0	0	271	40	4,71
	5	3	4	268	43	11,77
	6	1	4	255	46	2,42
	7	1	2	275	39	5,08
	8	0	0	300	37	5,85
	9	0	0	339	30	8,52
	10	0	0	389	26	10,06
Départ	11	6	24	430	17	18,37
	12	4	24	441	17	17,83
	13	3	24	450	14	17,32
	14	2	34	454	14	14,64
	15	7	12	400	17	18,37
	16	3	12	389	19	16,36
	17	5	18	395	16	17,96
	18	4	6	375	24	16,94
	19	3	4	356	25	15,22
	20	2	6	346	30	8,52
	21	2	2	338	30	8,52
	22	0	0	324	30	8,52
	23	0	0	315	31	8,14
26/08	0	0	0	310	33	7,38
	1	0	0	308	35	6,61
	2	2	30	300	37	5,85
	3	5	30	302	49	13,75
Extinction	4	4	28	301	51	13,49
	5	0	0	300	57	1,79
	6	0	0	290	56	1,41
	7	2	24	291	57	
	8	4	28	296	61	
	9	5	28	305	60	
	10	7	28	320	55	
	11	7	28	320	58	
	12	5	26	330	52	
	13	6	28	334	44	
	14	6	30	336	38	
	15	5	4	333	39	
	16	4	6	330	35	
	17	3	4	314	39	
	18	6	4	296	44	
	19	3	28	285	55	
	20	3	30	270	63	
	21	0	0	260	75	
	22	6	4	260	74	
	23	7	4	250	76	

**Annexe 21: Base de données d'humidité relatives (%) pour des journées à grands feux**

YYYY	mm	jj	00hTU	03hTU	06hTU	09hTU	12hTU	15hTU	18hTU	21hTU
1990	8	14	43	52	62	50	24	23	30	34
1990	9	23	44	45	49	38	26	35	39	44
1990	10	12	88	82	44	35	15	14	25	26
1990	10	13	26	25	54	40	40	48	54	67
1992	9	29	87	92	91	74	34	40	59	84
1993	10	13	80	86	90	71	13	45	60	71
1993	10	14	75	77	57	44	38	44	59	69
1994	8	12	62	54	53	40	28	36	48	54
1994	8	13	50	53	53	23	14	40	68	59
1994	8	14	59	59	64	42	9	10	16	71
1994	8	15	97	91	83	58	11	36	75	70
1994	8	16	64	66	63	44	18	24	36	52
1994	8	17	73	72	57	39	51	31	50	54
1994	8	18	88	88	88	60	44	47	57	77
1994	8	23	80	89	87	61	51	36	41	56
1994	8	24	36	57	51	37	22	32	49	57
1994	8	25	64	65	66	51	46	47	67	76
1994	8	29	37	38	39	30	13	19	17	16
1994	8	30	20	24	80	47	28	38	66	50
1999	8	19	30	64	78	54	41	73	72	69
1999	8	20	71	70	75	47	28	32	62	63
1999	8	21	76	83	78	49	51	45	60	80
1999	8	22	85	88	88	67	45	46	60	70
1999	8	23	84	83	84	60	36	37	47	63
1999	8	24	53	49	55	38	24	16	24	28
2000	8	20	36	39	38	28	17	21	26	34
2000	8	21	34	39	38	25	14	19	27	28
2000	8	22	38	41	45	33	21	23	33	50
2000	8	23	46	48	65	61	37	39	51	64
2000	8	24	74	70	70	46	14	15	21	26
2000	8	25	29	34	43	20	9	11	12	12
2000	8	26	20	25	33	19	32	22	30	34
2000	8	27	34	82	57	42	30	30	40	60
2008	9	9	51	36	22	19	18	13	18	16
2008	9	10	22	55	76	68	52	61	78	88

**Annexe 22 : Base de données de température (0.1 °C) pour des journées à grands feux**

YYYY	mm	jj	00hTU	03hTU	06hTU	09hTU	12hTU	15hTU	18hTU	21hTU
1990	8	14	267	236	238	295	356	358	327	290
1990	9	23	229	219	218	292	341	332	289	276
1990	10	12	180	166	202	235	310	320	275	248
1990	10	13	250	260	233	253	282	271	235	215
1992	9	29	165	149	139	187	278	292	231	208
1993	10	13	175	160	146	196	334	250	220	198
1993	10	14	193	184	184	211	238	215	190	177
1994	8	12	269	252	240	305	384	370	337	310
1994	8	13	299	284	280	376	436	371	304	295
1994	8	14	272	253	243	328	425	422	385	323
1994	8	15	273	271	254	323	434	355	295	301
1994	8	16	296	284	280	335	427	415	355	314
1994	8	17	283	272	280	345	353	365	335	312
1994	8	18	267	264	255	310	356	340	313	276
1994	8	23	285	265	264	310	349	366	336	307
1994	8	24	314	289	272	325	375	350	300	286
1994	8	25	267	249	237	290	326	308	275	256
1994	8	29	255	235	216	293	399	401	366	314
1994	8	30	278	244	241	290	386	360	290	248
1999	8	19	320	275	258	330	366	282	277	260
1999	8	20	251	248	240	295	348	355	290	285
1999	8	21	261	256	259	322	338	345	305	265
1999	8	22	252	245	245	286	345	355	305	270
1999	8	23	250	239	230	294	376	381	340	290
1999	8	24	260	249	227	300	408	435	375	335
2000	8	20	314	295	284	354	424	400	370	326
2000	8	21	295	280	269	351	416	358	324	304
2000	8	22	279	261	241	310	374	349	323	283
2000	8	23	271	254	256	291	365	346	300	277
2000	8	24	258	237	232	322	430	426	374	329
2000	8	25	292	265	254	385	428	430	402	373
2000	8	26	314	289	261	341	349	329	300	280
2000	8	27	258	231	217	287	347	320	305	271
2008	9	9	280	289	344	380	378	390	365	360
2008	9	10	330	270	250	284	320	305	265	250

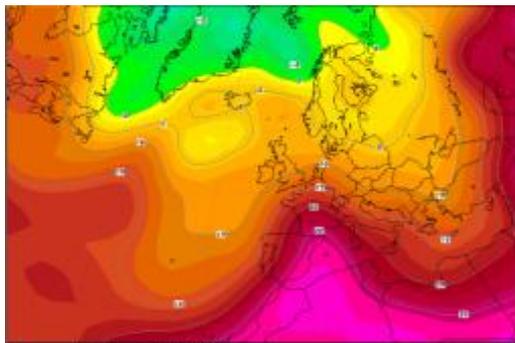
**Annexe 23:** Base de données de vitesse de vent (m/s) pour des journées à grands feux

YYYY	mm	jj	00hTU	03hTU	06hTU	09hTU	12hTU	15hTU	18hTU	21hTU
1990	8	14	0	3	3	0	5	6	5	0
1990	9	23	0	0	2	0	1	5	0	0
1990	10	12	0	0	0	0	6	5	2	0
1990	10	13	0	5	2	0	7	5	0	0
1992	9	29	0	0	3	2	0	5	4	2
1993	10	13	2	0	0	4	11	4	4	5
1993	10	14	0	0	0	3	4	4	1	0
1994	8	12	0	1	3	0	4	6	5	0
1994	8	13	0	0	0	1	8	7	0	0
1994	8	14	1	3	0	0	10	8	4	10
1994	8	15	4	0	0	4	10	6	6	0
1994	8	16	0	2	0	0	4	2	2	4
1994	8	17	1	2	5	1	8	5	3	0
1994	8	18	2	0	3	1	5	7	2	4
1994	8	23	0	5	0	0	9	7	3	6
1994	8	24	5	8	0	2	6	5	6	3
1994	8	25	1	0	0	3	5	5	6	0
1994	8	29	1	3	3	0	1	3	3	0
1994	8	30	0	3	3	4	5	6	6	6
1999	8	19	3	11	4	3	7	7	1	2
1999	8	20	3	3	0	0	6	6	5	0
1999	8	21	3	0	0	6	6	6	6	3
1999	8	22	0	0	0	2	2	5	4	4
1999	8	23	3	0	0	0	3	4	0	0
1999	8	24	3	3	3	3	0	3	1	2
2000	8	20	0	3	2	0	6	4	0	0
2000	8	21	0	0	0	0	4	7	2	0
2000	8	22	4	0	0	1	5	6	3	0
2000	8	23	2	0	4	4	4	6	5	0
2000	8	24	0	0	0	0	3	3	3	1
2000	8	25	0	0	2	0	7	7	6	5
2000	8	26	0	0	0	0	8	7	3	0
2000	8	27	3	3	0	0	5	5	0	0
2008	9	9	0	0	0	0	2	4	0	0
2008	9	10	0	0	0	6	7	11	6	0

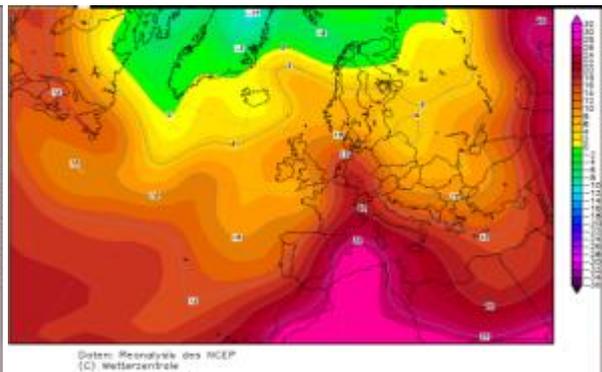
## Annexe 24 : Variables descriptives des grands feux

Lieu	Code	Date/heure départ – extinction	Surface (ha)	Réserve	T moy j	T max j	Vent max j	Vent moy j	H moy j	H min j
Aghrib 1	1	14/08/1990-14/08/1990	112	15,3	30,3	37	6	3,7	39,8	21
Ait Sidi yahia	2	23/09/1990-23/09/1990 (08h30-18h45)	200	13,1	29,1	37,2	5	1,3	40	19
Boubkeur	3	12/10/1990-12/10/1990 (13h30-17h40)	160	54,3	24,2	32	6	1,6	41,1	14
Tifrest	4	12/10/1990-13/10/1990 (16h30-06h00)	100	54,3	24,5	30,1	6,5	2	42,7	19,5
Cheurfa 1	5	12/10/1990-13/10/1990 (16h30-08h00)	120	54,3	24,5	30,1	6,5	2	42,7	19,5
El Kelâa	6	11/09/1992-12/09/1992 (10h15-00h00)	375	8,2	28,7	38	4	0,8	43,6	19
Lâach	7	26/09/1992-26/09/1992 (11h45-18h00)	500	8,2	28,9	36,3	11	3,95	32,7	15
Ait Youcef	8	26/09/1992-26/09/1992 (14h20-17h00)	350	8,2	28,9	36,3	11	3,95	32,7	15
Tizi Temlelt	9	26/09/1992-27/09/1992 (19h00-03h00)	120	8,2	26,3	36,3	11	4,2	48	15
Sidi Yahia 1	10	26/09/1992-26/09/1992 (11h50-18h00)	100	8,2	28,9	36,3	11	3,95	32,7	15
Azeffoun	11	27/09/1992-28/09/1992 (19h10-01h30)	150	8,2	23,2	24,6	6	4,3	66	59
Cheurfa 2	12	27/09/1992-29/09/1992 (13h00/15h00)	100	8,2	22,8	31,8	5	3,3	67,8	39
Cheurfa 3	13	22/09/1993-22/09/1993 (11h00-22h00)	200	53,5	25,8	34,6	10	5,2	50,9	20
Iguer N'Salem	14	23/09/1993-24/09/1993 (19h35-16h30)	290	53,5	36,1	43,6	8	1,9	42,9	15
Igoujdal	15	13/10/1993-14/10/1993 (10h00-02h00)	500	70,1	20,4	33,4	11	2,6	61,2	13
Sidi Yahia 2	16	09/08/1994-10/08/1994 (10h00-14h30)	420	6,5	32,3	38,3	7,5	3,1	29,8	17,5
Ibahrizen	17	10/08/1994-13/08/1994 (09h00-08h00)	825	6,5	31,4	39,1	8	2,6	38,2	15
Tigrine 1	18	12/08/1994-17/08/1994 (14h00-14h30)	900	6,5	34,2	42,4	7,7	2,9	49,6	18,5
Tala ranim	19	13/08/1994-16/08/1994 (09h00-08h00)	205	6,5	35	43,8	8	3	49,3	13
Tigrine 2	20	14/08/1994-19/08/1994 (13h00-11h00)	320	6,5	33,1	40,9	7,5	2,9	54,2	22,3
Aghrib 2	21	14/08/1994-17/08/1994 (17h00-06h00)	500	6,5	34,4	42,7	8	3,3	51,4	17,3
Tala Bouaden	22	19/08/1994-20/08/1994 (11h00-22h00)	1000	6,5	31,4	40,8	6,5	1,5	41,6	15,1
Tifrest	23	20/08/1994-21/08/1994 (10h30-08h00)	305	6,5	32,55	43,3	5	1,2	35	12,5
Ighil mahni	24	20/08/1994-22/08/1994 (09h00-14h00)	625	6,5	32,8	43,7	5,7	1,7	35,3	12,7
Tigrine 3	25	20/08/1994-24/08/1994 (09h00-14h00)	300	6,5	31,2	37	8,5	4	52,6	29
Kiria	26	21/08/1994-22/08/1994 (15h00-20h00)	350	6,5	33,8	44,4	3,5	1,4	31,9	15
Ihamziouene	27	21/08/1994-22/08/1994 (17h00-20h00)	330	6,5	33,8	44,4	3,5	1,4	31,9	15
Aberrane	28	21/08/1994-22/08/1994 (08h50-15h00)	135	6,5	33,8	44,4	3,5	1,4	31,9	15
Tifrit	29	24/08/1994-25/08/1994 (17h00-17h00)	630	6,5	30,4	35,7	7	3,4	51,4	30
Agouni Moussi	30	25/08/1999-26/08/1999 (11h45-15h15)	720	7,5	32,2	38,7	6,5	2,9	40,2	28
Cheurfa 4	31	29/08/1994-30/08/1994 (17h45-12h00)	270	6,5	31,5	40,3	4,5	2,9	35,1	13,5
Imamouchen	32	19/08/1999-24/08/1999 (11h45-07h30)	200	7,5	31,1	38,1	5,8	2,7	57,9	30,2
Hendou	33	20/08/2000-22/08/2000 (15h35-22h30)	320	2,7	33,8	41,3	6,3	2	31,1	13,7
Oulkhoul	34	25/08/2000-26/08/2000 (13h40-09h00)	175	2,7	33,8	41,7	7,5	2,8	24,1	9
Thamazirh Ouguichil	35	22/08/2000-27/08/2000 (15h30-21h00)	104	2,7	31,9	39,6	5,8	2,4	37,3	18,2
Cheurfa 5	36	09/09/2008-10/09/2008 (09h00-06h00)	210	9	31	36,7	7,5	2,3	43,3	17

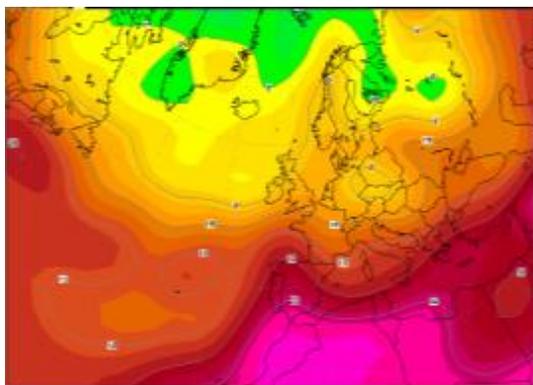
**Annexe 25:** Conditions synoptiques de températures correspondant aux grands feux



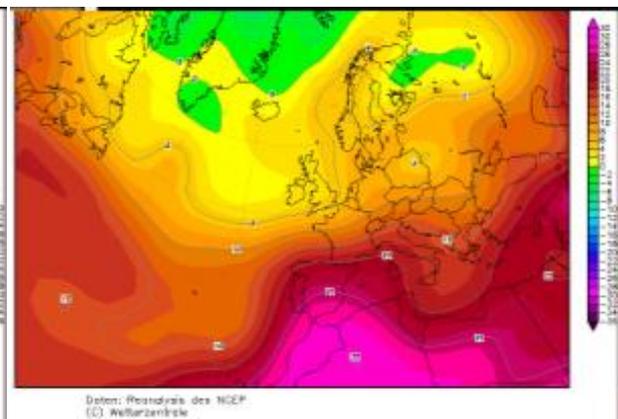
25/08/1999



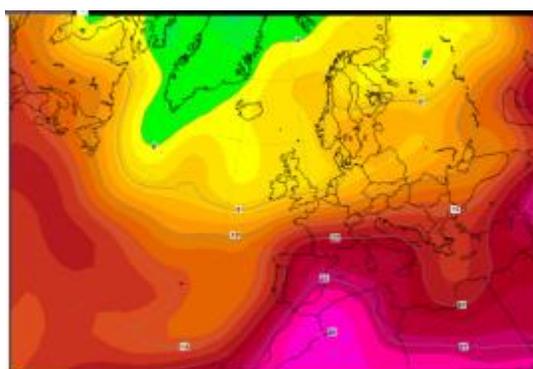
26/08/1999



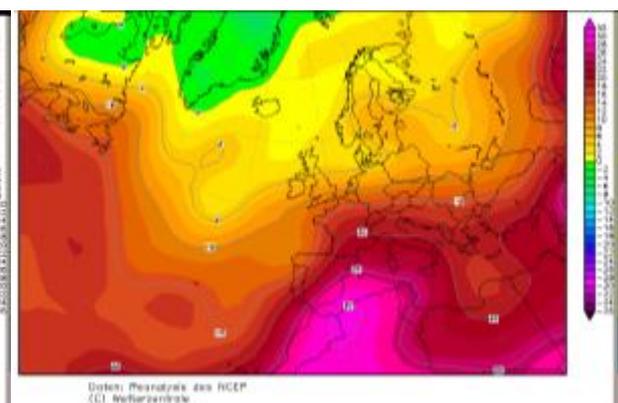
19/08/1994



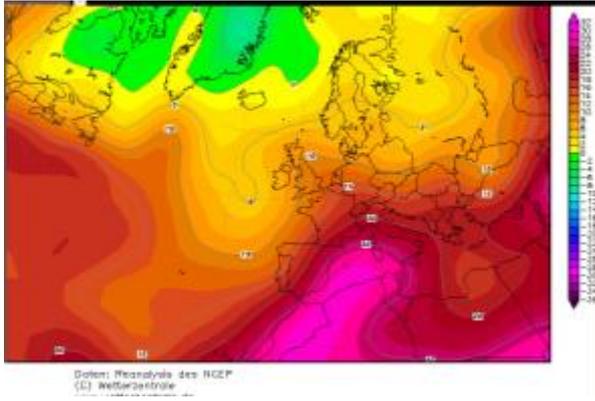
20/08/1994



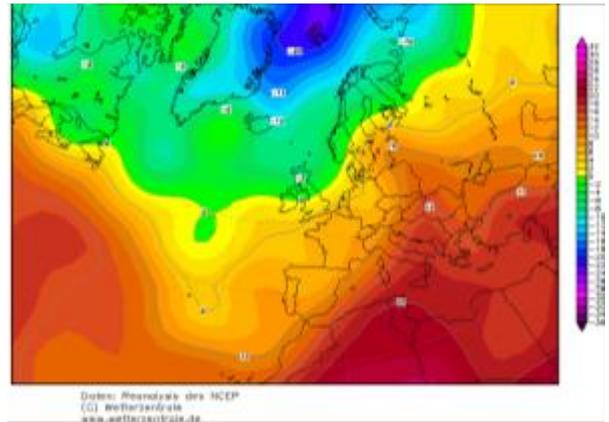
21/08/1994



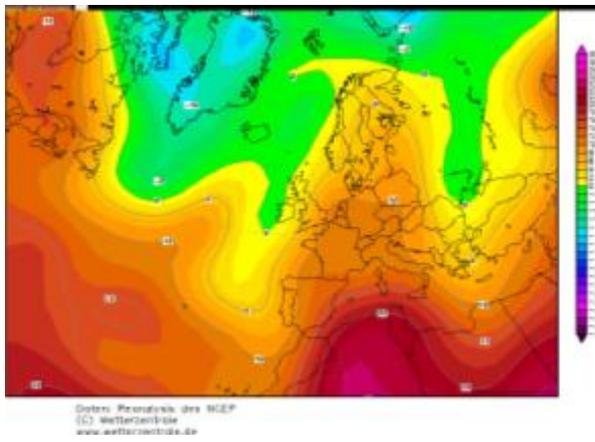
22/08/1994



23/08/1994



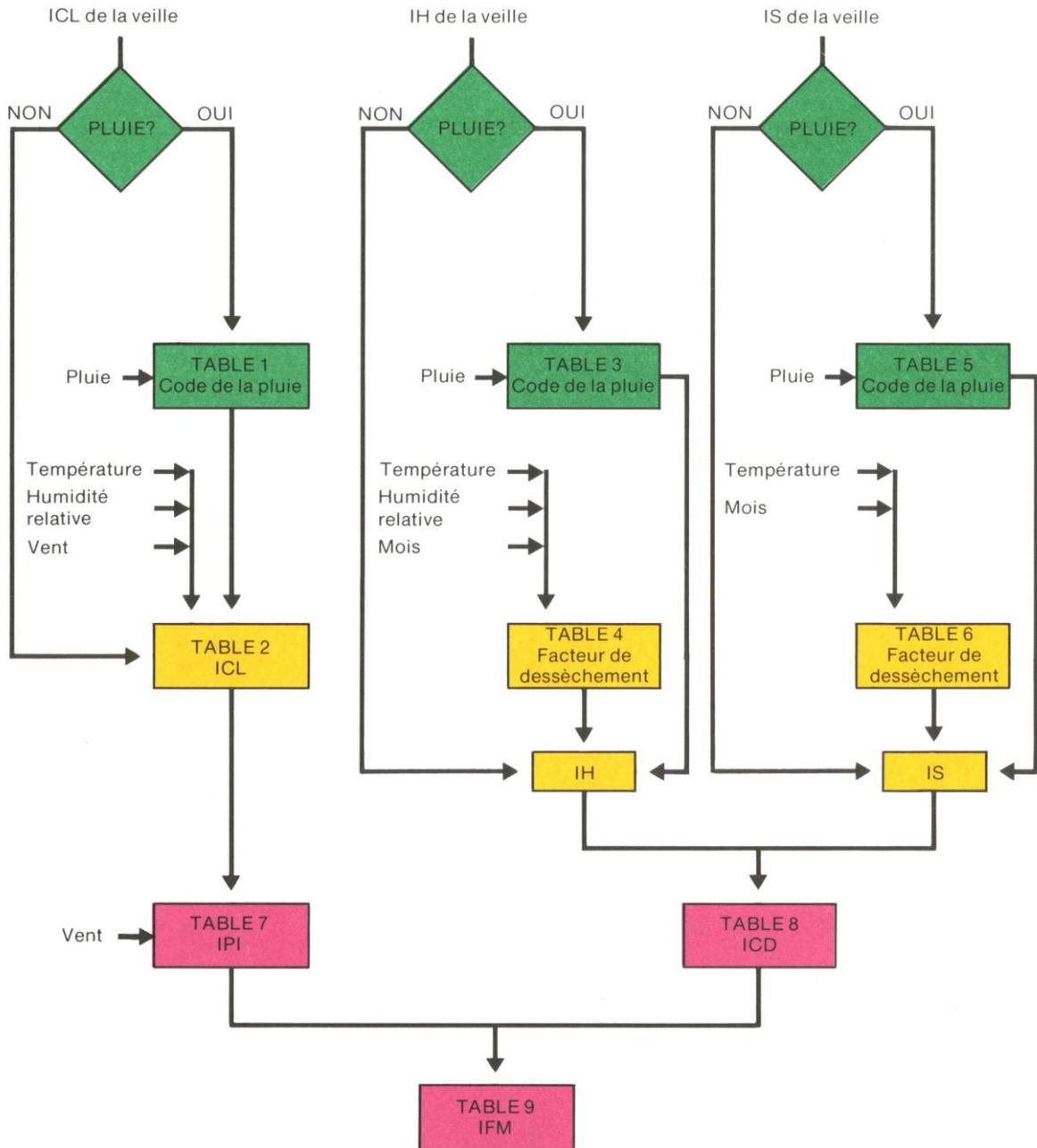
13/10/1993



26/09/1992

## Annexe 26: Tables de calcul de l'indice forêt météo

Diagramme schématique pour le calcul des six composantes normalisées de l'Indice Forêt-Météo de la méthode canadienne



Température au thermomètre mouillé (°C)	Température au thermomètre sec (°C)																			
	20	20,5	21	21,5	22	22,5	23	23,5	24	24,5	25	25,5	26	26,5	27	27,5	28	28,5	29	29,5
	Humidité relative (%)																			
5,5	1																			
6	3	2	1																	
6,5	6	5	3	2	1															
7	9	7	6	4	3	2	1													
7,5	12	10	9	7	6	4	3	2	1											
8	15	13	11	10	8	7	6	4	3	2	1									
8,5	17	16	14	12	11	9	8	7	5	4	3	2	1							
9	20	18	17	15	13	12	10	9	8	7	5	4	3	2	1					
9,5	23	21	19	18	16	14	13	11	10	9	8	6	5	4	3	2	1			
10	26	24	22	20	19	17	15	14	12	11	10	9	7	6	5	4	3	2	1	
10,5	29	27	25	23	21	20	18	16	15	13	12	11	10	8	7	6	5	4	3	3
11	33	30	28	26	24	22	21	19	17	16	14	13	12	11	9	8	7	6	5	4
11,5	36	33	31	29	27	25	23	22	20	18	17	15	14	13	11	10	9	8	7	6
12	39	37	34	32	30	28	26	24	22	21	19	18	16	15	14	12	11	10	9	8
12,5	42	40	37	35	33	31	29	27	25	23	22	20	19	17	16	14	13	12	11	10
13	46	43	41	38	36	34	32	30	28	26	24	22	21	19	18	17	15	14	13	12
13,5	49	46	44	41	39	37	34	32	30	28	27	25	23	22	20	19	17	16	15	14
14	53	50	47	44	42	40	37	35	33	31	29	27	26	24	23	21	20	18	17	16
14,5	56	53	50	48	45	43	40	38	36	34	32	30	28	26	25	23	22	20	19	18
15	60	57	54	51	48	46	43	41	39	37	35	33	31	29	27	26	24	23	21	20
15,5	64	60	57	54	52	49	46	44	42	39	37	35	33	31	30	28	26	25	23	22
16	67	64	61	58	55	52	49	47	45	42	40	38	36	34	32	30	29	27	26	24
16,5	71	68	64	61	58	55	53	50	48	45	43	41	39	37	35	33	31	29	28	26
17	75	71	68	65	62	59	56	53	51	48	46	43	41	39	37	35	33	32	30	28
17,5	79	75	72	68	65	62	59	56	54	51	49	46	44	42	40	38	36	34	32	31
18	83	79	76	72	69	66	63	60	57	54	52	49	47	45	42	40	38	37	35	33
18,5	87	83	79	76	72	69	66	63	60	57	55	52	50	47	45	43	41	39	37	35
19	91	87	83	80	76	73	70	66	63	61	58	55	53	50	48	46	44	42	40	38
19,5	96	91	87	84	80	76	73	70	67	64	61	58	56	53	51	48	46	44	42	40
20	100	96	92	88	84	80	77	73	70	67	64	61	59	56	54	51	49	47	45	43
20,5		100	96	92	88	84	80	77	74	70	67	65	62	59	56	54	52	49	47	45
21			100	96	92	88	84	81	77	74	71	68	65	62	59	57	54	52	50	48
21,5				100	96	92	88	84	81	77	74	71	68	65	62	60	57	55	53	50
22					100	96	92	88	85	81	78	74	71	68	66	63	60	58	55	53
22,5						100	96	92	88	85	81	78	75	72	69	66	63	61	58	56
23							100	96	92	88	85	81	78	75	72	69	66	64	61	58
23,5								100	96	92	89	85	82	78	75	72	69	67	64	61
24									100	96	92	89	85	82	79	75	72	70	67	64
24,5										100	96	92	89	85	82	79	76	73	70	67
25											100	96	92	89	85	82	79	76	73	70
25,5												100	96	92	89	86	82	79	76	73
26													100	96	93	89	86	82	79	76
26,5														100	96	93	89	86	83	80
27															100	96	93	89	86	83
27,5																100	96	93	89	86
28																	100	96	93	89
28,5																		100	96	93
29																			100	96
29,5																				100

		Température: 30,5 à 35°C																	
HR (%)	Vent (km/h)	Code de la pluie ou ICL de la veille																	
		82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99
		ICL																	
0-10	0-3	96	96	96	96	97	97	97	97	97	97	97	97	98	98	98	98	98	99
	4-13	97	97	97	97	97	97	97	97	97	98	98	98	98	98	98	98	98	99
	14-28	97	97	97	97	97	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	99
	≥29	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	99
11-18	0-3	94	95	95	95	95	95	95	95	95	96	96	96	96	96	96	97	97	98
	4-13	95	95	95	95	95	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	97	97	98
	14-28	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	97	97	98
	≥29	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	97	97	98
19-28	0-3	92	93	93	93	93	93	93	93	94	94	94	94	94	95	96	96	96	97
	4-13	93	93	93	93	94	94	94	94	94	94	94	94	94	95	96	96	96	96
	14-28	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	95	96	96	96	96
	≥29	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	95	96	96	96	96
29-38	0-3	91	91	91	91	91	91	91	92	92	92	92	93	94	94	94	94	95	95
	4-13	91	91	91	91	92	92	92	92	92	92	92	93	94	94	94	94	94	94
	14-28	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	93	94	94	94	94	94	94
	≥29	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	93	94	94	94	94	94	94
39-49	0-3	89	89	89	89	89	89	90	90	90	91	92	92	92	92	92	93	93	93
	4-13	89	89	89	90	90	90	90	90	90	91	92	92	92	92	92	92	92	93
	14-28	90	90	90	90	90	90	90	90	90	91	92	92	92	92	92	92	92	92
	≥29	90	90	90	90	90	90	90	90	90	91	92	92	92	92	92	92	92	92
50-61	0-3	87	87	87	87	88	88	88	89	90	90	90	90	90	90	91	91	91	91
	4-13	87	87	87	88	88	88	88	89	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90
	14-28	88	88	88	88	88	88	88	89	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90
	≥29	88	88	88	88	88	88	88	89	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90
62-73	0-3	85	85	85	86	86	87	88	88	88	88	88	88	88	88	89	89	89	89
	4-13	85	85	85	86	86	87	88	88	88	88	88	88	88	88	88	88	88	88
	14-28	85	86	86	86	86	87	87	88	88	88	88	88	88	88	88	88	88	88
	≥29	86	86	86	86	86	87	87	88	88	88	88	88	88	88	88	88	88	88
74-84	0-3	83	83	84	85	85	85	85	85	86	86	86	86	86	86	86	86	86	87
	4-13	83	83	84	85	85	85	85	85	85	85	86	86	86	86	86	86	86	86
	14-28	83	83	84	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	86	86	86
	≥29	83	83	84	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85
85-93	0-3	82	82	82	82	82	82	82	83	83	83	83	83	83	83	83	83	83	84
	4-13	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	83	83	83	83	83	83	83
	14-28	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82
	≥29	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82
94-100	0-3	78	78	78	78	78	78	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79
	4-13	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78	79	79	79	79
	14-28	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78
	≥29	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78

G

**INDICE du COMBUSTIBLE LÉGER**

		Température: $\geq 35,5^{\circ}\text{C}$																	
HR (%)	Vent (km/h)	Code de la pluie ou ICL de la veille																	
		0	3	8	13	18	23	28	33	38	43	48	53	58	63	68	73	78	80
		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
		2	7	12	17	22	27	32	37	42	47	52	57	62	67	72	77	79	
		ICL																	
0-10	0-3	83	84	86	87	88	90	91	91	92	93	94	94	95	96	96	97	97	97
	4-13	90	90	91	92	93	94	94	95	95	96	96	96	97	97	97	97	98	98
	14-28	94	94	95	95	95	96	96	96	97	97	97	97	98	98	98	98	98	98
	$\geq 29$	96	96	96	97	97	97	97	97	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98
11-18	0-3	81	82	84	85	87	88	89	90	91	91	92	93	93	94	95	95	95	96
	4-13	88	89	90	90	91	92	92	93	93	94	94	95	95	95	96	96	96	96
	14-28	92	92	93	93	94	94	95	95	95	95	96	96	96	96	96	96	97	97
	$\geq 29$	94	94	95	95	95	95	96	96	96	96	96	96	96	96	97	97	97	97
19-28	0-3	78	79	81	83	84	85	86	87	88	89	90	91	91	92	93	93	93	94
	4-13	85	86	87	88	89	90	90	91	91	92	92	93	93	93	94	94	94	94
	14-28	90	90	91	91	92	92	92	93	93	93	94	94	94	94	94	94	95	95
	$\geq 29$	92	92	93	93	93	93	94	94	94	94	94	94	94	94	95	95	95	95
29-38	0-3	74	75	77	79	81	82	83	84	86	86	87	88	89	90	90	91	91	92
	4-13	82	83	84	85	86	87	88	88	89	89	90	90	91	91	92	92	92	92
	14-28	87	87	88	89	89	90	90	90	91	91	91	92	92	92	92	92	93	93
	$\geq 29$	90	90	90	91	91	91	91	92	92	92	92	92	92	92	92	93	93	93
39-49	0-3	68	70	73	75	77	78	80	81	82	83	85	86	86	87	88	89	89	90
	4-13	78	79	81	82	83	84	85	85	86	87	87	88	88	89	89	90	90	90
	14-28	84	84	85	86	86	87	87	88	88	89	89	89	90	90	90	90	91	91
	$\geq 29$	87	87	88	88	88	89	89	89	90	90	90	90	90	90	90	91	91	91
50-61	0-3	62	64	67	69	71	73	75	77	78	80	81	82	83	85	86	86	87	88
	4-13	73	74	76	77	79	80	81	82	83	84	85	85	86	87	87	88	88	88
	14-28	80	81	82	82	83	84	85	85	86	86	87	87	87	88	88	88	88	88
	$\geq 29$	84	84	85	85	86	86	86	87	87	87	88	88	88	88	88	88	89	89
62-73	0-3	52	55	58	61	64	67	69	71	73	75	77	78	80	81	83	84	85	85
	4-13	65	67	70	71	73	75	76	78	79	80	81	82	83	84	84	85	86	86
	14-28	74	75	77	78	79	80	81	82	82	83	83	84	85	85	85	86	86	86
	$\geq 29$	79	80	81	82	82	83	83	84	84	85	85	85	85	86	86	86	86	86
74-84	0-3	40	43	47	51	54	57	60	63	66	68	71	73	75	77	79	81	82	83
	4-13	54	57	60	62	65	67	69	71	73	74	76	77	79	80	81	82	83	84
	14-28	65	66	69	70	72	74	75	76	77	78	79	80	81	82	82	83	84	84
	$\geq 29$	72	73	74	76	77	78	79	79	80	81	81	82	82	83	83	84	84	84
85-93	0-3	24	28	33	37	41	45	49	53	56	60	63	66	69	72	75	78	79	80
	4-13	36	40	44	48	51	54	57	60	63	66	68	70	73	75	77	79	80	80
	14-28	47	50	53	56	59	61	64	66	68	70	72	74	75	77	78	79	80	81
	$\geq 29$	56	58	60	63	65	67	69	70	72	73	75	76	77	78	79	80	80	81
94-100	0-3	8	12	17	22	26	31	36	40	45	49	54	58	62	67	71	75	78	78
	4-13	12	16	21	26	31	35	40	44	48	52	56	60	64	68	71	75	78	78
	14-28	17	21	25	30	34	39	43	47	51	55	58	62	65	69	72	75	78	78
	$\geq 29$	21	25	30	34	38	42	46	50	54	57	60	64	67	70	73	75	78	78

		Température: $\geq 35,5^{\circ}\text{C}$																	
HR (%)	Vent (km/h)	Code de la pluie ou ICL de la veille																	
		82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99
		ICL																	
0-10	0-3	97	97	97	97	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	99
	4-13	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	99
	14-28	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	99
	$\geq 29$	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	99	99	99	99
11-18	0-3	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	97	97	97	97	97	97	97	98
	4-13	96	96	96	96	96	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	98
	14-28	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	98
	$\geq 29$	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	98
19-28	0-3	94	94	94	94	94	94	94	94	95	95	95	95	95	95	96	96	97	97
	4-13	94	94	94	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	96	96	97	97
	14-28	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	96	96	97	97
	$\geq 29$	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	96	96	97	97
29-38	0-3	92	92	92	92	92	92	92	93	93	93	93	93	93	94	95	95	95	95
	4-13	92	92	92	93	93	93	93	93	93	93	93	93	94	94	95	95	95	95
	14-28	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	94	94	95	95	95	95
	$\geq 29$	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	94	94	95	95	95	95
39-49	0-3	90	90	90	90	90	90	91	91	91	91	92	93	93	93	93	93	93	93
	4-13	90	90	90	91	91	91	91	91	91	91	92	93	93	93	93	93	93	93
	14-28	91	91	91	91	91	91	91	91	91	91	92	93	93	93	93	93	93	93
	$\geq 29$	91	91	91	91	91	91	91	91	91	91	92	93	93	93	93	93	93	93
50-61	0-3	88	88	88	88	88	89	89	89	90	90	91	91	91	91	91	91	91	91
	4-13	88	88	88	89	89	89	89	89	90	90	91	91	91	91	91	91	91	91
	14-28	89	89	89	89	89	89	89	89	90	90	91	91	91	91	91	91	91	91
	$\geq 29$	89	89	89	89	89	89	89	89	90	90	91	91	91	91	91	91	91	91
62-73	0-3	86	86	86	86	86	87	88	88	88	89	89	89	89	89	89	89	89	89
	4-13	86	86	86	86	86	87	87	88	88	88	88	89	89	89	89	89	89	89
	14-28	86	86	87	87	87	87	87	88	88	88	88	88	88	88	89	89	89	89
	$\geq 29$	87	87	87	87	87	87	87	88	88	88	88	88	88	88	88	88	88	88
74-84	0-3	83	84	84	85	86	86	86	86	86	86	86	86	86	87	87	87	87	87
	4-13	84	84	84	85	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86
	14-28	84	84	84	85	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86
	$\geq 29$	84	84	84	85	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86
85-93	0-3	82	83	83	83	83	83	83	83	83	83	83	83	83	83	83	84	84	84
	4-13	82	83	83	83	83	83	83	83	83	83	83	83	83	83	83	83	83	83
	14-28	82	83	83	83	83	83	83	83	83	83	83	83	83	83	83	83	83	83
	$\geq 29$	82	83	83	83	83	83	83	83	83	83	83	83	83	83	83	83	83	83
94-100	0-3	78	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79
	4-13	78	78	78	78	78	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79
	14-28	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78	79	79	79	79	79
	$\geq 29$	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78

H

## INDICE de l'HUMUS

## IH

## TABLE 4

Température (°C)	HR (%)	Mois									
		Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre
		<b>Facteur de dessèchement</b>									
≤5	0-100	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
5,5-10	0-52	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	53-100	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0
10,5-15	0-42	1	2	2	3	3	2	2	2	1	1
	43-73	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1
	74-100	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0
15,5-20	0-32	2	3	4	4	4	3	3	3	2	2
	33-52	2	2	3	3	3	3	2	2	2	1
	53-73	1	1	2	2	2	2	1	1	1	1
	74-100	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
20,5-25	0-32	3	3	5	5	5	4	4	3	3	2
	33-52	2	2	3	4	4	3	3	2	2	2
	53-73	1	2	2	2	2	2	2	2	1	1
	74-100	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
25,5-30	0-27	3	4	6	6	6	5	5	4	3	3
	28-42	3	3	5	5	5	4	4	3	3	2
	43-58	2	2	3	4	4	3	3	3	2	2
	59-73	1	2	2	3	3	2	2	2	1	1
	74-100	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1
30,5-35	0-22	4	5	7	7	7	7	6	5	4	4
	23-37	3	4	6	6	6	6	5	4	4	3
	38-53	3	3	5	5	5	4	4	3	3	2
	54-68	2	2	3	3	3	3	3	2	2	2
	69-100	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1
≥35,5	0-17	5	6	8	9	9	8	7	6	5	5
	18-29	4	5	7	8	8	7	6	5	4	4
	30-41	4	4	6	7	7	6	5	4	4	3
	42-53	3	3	5	5	5	5	4	4	3	3
	54-65	2	3	4	4	4	4	3	3	2	2
	66-100	2	2	3	3	3	3	2	2	2	2

## INDICE de SÉCHERESSE

IS

TABLE 6

Température (°C)	Mois											
	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
	Facteur de dessèchement											
≤2	0	0	0	1	3	4	4	3	2	1	0	0
2,5-4	0	0	0	2	3	4	4	4	2	1	0	0
4,5-6	1	1	1	2	3	4	5	4	3	2	1	1
6,5-8	1	1	1	2	4	5	5	4	3	2	1	1
8,5-10	1	1	1	3	4	5	5	5	3	2	1	1
10,5-12	2	2	2	3	4	5	6	5	4	3	2	2
12,5-14	2	2	2	3	5	6	6	5	4	3	2	2
14,5-16	2	2	2	4	5	6	6	6	4	3	2	2
16,5-18	3	3	3	4	6	7	7	6	5	4	3	3
18,5-20	3	3	3	4	6	7	7	6	5	4	3	3
20,5-22	4	4	4	5	6	7	8	7	6	5	4	4
22,5-24	4	4	4	5	7	8	8	7	6	5	4	4
24,5-26	4	4	4	5	7	8	8	8	6	5	4	4
26,5-28	5	5	5	6	7	8	9	8	7	6	5	5
28,5-30	5	5	5	6	8	9	9	8	7	6	5	5
30,5-32	5	5	5	7	8	9	9	9	7	6	5	5
32,5-34	6	6	6	7	8	9	10	9	8	7	6	6
34,5-36	6	6	6	7	9	10	10	9	8	7	6	6
36,5-38	6	6	6	8	9	10	10	10	8	7	6	6
≥38,5	7	7	7	8	9	10	11	10	9	8	7	7

Voir exemples aux pages 30 et 48.

**INDICE de PROPAGATION INITIALE**

Vent (km/h)	ICL															
	0	33	38	43	48	53	58	63	68	73	78	80	81	82	83	84
	1 32	1 37	1 42	1 47	1 52	1 57	1 62	1 67	1 72	1 77	1 79					
	IPI															
0	0	0	0	0	0	0,5	0,5	0,5	0,5	1,0	1,0	1,0	1,5	1,5	1,5	2,0
1	0	0	0	0	0	0,5	0,5	0,5	0,5	1,0	1,0	1,0	1,5	1,5	1,5	2,0
2	0	0	0	0	0	0,5	0,5	0,5	0,5	1,0	1,0	1,0	1,5	1,5	1,5	2,0
3	0	0	0	0	0	0,5	0,5	0,5	0,5	1,0	1,0	1,0	1,5	1,5	1,5	2,0
4	0	0	0	0	0	0,5	0,5	0,5	0,5	1,0	1,0	1,0	1,5	1,5	1,5	2,0
5	0	0	0	0	0	0,5	0,5	0,5	1,0	1,0	1,5	1,5	1,5	2,0	2,0	2,5
6	0	0	0	0	0	0,5	0,5	0,5	1,0	1,0	1,5	1,5	1,5	2,0	2,0	2,5
7	0	0	0	0	0	0,5	0,5	1,0	1,0	1,0	1,5	1,5	2,0	2,0	2,5	2,5
8	0	0	0	0	0	0,5	0,5	1,0	1,0	1,0	1,5	1,5	2,0	2,0	2,5	3
9	0	0	0	0	0,5	0,5	0,5	1,0	1,0	1,0	1,5	2,0	2,0	2,0	2,5	3
10	0	0	0	0	0,5	0,5	0,5	1,0	1,0	1,5	1,5	2,0	2,0	2,5	2,5	3
11	0	0	0	0	0,5	0,5	0,5	1,0	1,0	1,5	1,5	2,0	2,0	2,5	3	3
12	0	0	0	0	0,5	0,5	0,5	1,0	1,0	1,5	2,0	2,0	2,5	2,5	3	3
13	0	0	0	0	0,5	0,5	1,0	1,0	1,0	1,5	2,0	2,0	2,5	2,5	3	4
14	0	0	0	0	0,5	0,5	1,0	1,0	1,5	1,5	2,0	2,5	2,5	3	3	4
15	0	0	0	0	0,5	0,5	1,0	1,0	1,5	1,5	2,0	2,5	2,5	3	3	4
16	0	0	0	0	0,5	0,5	1,0	1,0	1,5	1,5	2,0	2,5	3	3	4	4
17	0	0	0	0	0,5	0,5	1,0	1,0	1,5	2,0	2,5	2,5	3	3	4	4
18	0	0	0	0	0,5	0,5	1,0	1,5	1,5	2,0	2,5	3	3	4	4	5
19	0	0	0	0	0,5	0,5	1,0	1,5	1,5	2,0	2,5	3	3	4	4	5
20	0	0	0	0	0,5	1,0	1,0	1,5	1,5	2,0	2,5	3	3	4	4	5
21	0	0	0	0	0,5	1,0	1,0	1,5	2,0	2,0	3	3	4	4	5	5
22	0	0	0	0	0,5	1,0	1,0	1,5	2,0	2,5	3	3	4	4	5	6
23	0	0	0	0,5	0,5	1,0	1,5	1,5	2,0	2,5	3	4	4	5	5	6
24	0	0	0	0,5	0,5	1,0	1,5	2,0	2,0	2,5	3	4	4	5	5	6
25	0	0	0	0,5	0,5	1,0	1,5	2,0	2,0	2,5	3	4	4	5	6	6
26	0	0	0	0,5	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3	4	4	5	5	6	7
27	0	0	0	0,5	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3	4	4	5	6	6	7
28	0	0	0	0,5	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3	4	5	5	6	7	8
29	0	0	0	0,5	0,5	1,0	2,0	2,5	2,5	3	4	5	5	6	7	8
30	0	0	0	0,5	0,5	1,5	2,0	2,5	3	3	4	5	6	6	7	8
31	0	0	0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3	4	5	5	6	7	8	9
32	0	0	0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3	4	5	6	6	7	8	9
33	0	0	0	0,5	1,0	1,5	2,0	3	3	4	5	6	7	8	9	10
34	0	0	0	0,5	1,0	1,5	2,5	3	3	4	5	6	7	8	9	10
35	0	0	0	0,5	1,0	1,5	2,5	3	4	4	6	7	7	8	9	11
36	0	0	0	0,5	1,0	1,5	2,5	3	4	5	6	7	8	9	10	11
37	0	0	0	0,5	1,0	2,0	2,5	3	4	5	6	7	8	9	10	12
38	0	0	0	0,5	1,0	2,0	3	4	4	5	7	8	9	10	11	12
39	0	0	0	0,5	1,0	2,0	3	4	4	5	7	8	9	10	12	13
40	0	0	0,5	0,5	1,0	2,0	3	4	5	6	7	9	10	11	12	14
41	0	0	0,5	0,5	1,5	2,0	3	4	5	6	8	9	10	11	13	15
42	0	0	0,5	0,5	1,5	2,5	3	4	5	6	8	9	11	12	13	15
43	0	0	0,5	0,5	1,5	2,5	4	5	5	7	9	10	11	12	14	16
44	0	0	0,5	1,0	1,5	2,5	4	5	6	7	9	10	12	13	15	17
45	0	0	0,5	1,0	1,5	2,5	4	5	6	7	9	11	12	14	16	18
46	0	0	0,5	1,0	1,5	3	4	5	6	8	10	12	13	14	16	19
47	0	0	0,5	1,0	2,0	3	4	6	7	8	11	12	14	15	17	20
48	0	0	0,5	1,0	2,0	3	5	6	7	9	11	13	14	16	18	21
49	0	0	0,5	1,0	2,0	3	5	6	7	9	12	13	15	17	19	22
50	0	0	0,5	1,0	2,0	3	5	7	8	10	12	14	16	18	20	23

Vent (km/h)	ICL																	
	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99			
	IPI																	
0	2,0	2,5	3	3	4	4	5	6	7	8	9	10	11	13	15			
1	2,0	2,5	3	3	4	4	5	5	6	7	8	9	10	12	14	16		
2	2,5	2,5	3	4	4	5	5	6	7	8	10	11	13	14	16			
3	2,5	3	3	4	4	5	6	7	8	9	10	12	13	15	17			
4	2,5	3	3	4	5	5	6	7	8	9	11	12	14	16	18			
5	2,5	3	4	4	5	6	6	7	8	10	11	13	15	17	19			
6	3	3	4	4	5	6	7	8	9	10	12	13	15	18	20			
7	3	3	4	5	5	6	7	8	9	11	12	14	16	18	21			
8	3	4	4	5	6	6	7	9	10	11	13	15	17	19	22			
9	3	4	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16	18	20	23			
10	3	4	5	5	6	7	8	9	11	12	14	16	19	21	24			
11	4	4	5	6	6	7	9	10	11	13	15	17	20	23	26			
12	4	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16	18	21	24	27			
13	4	5	5	6	7	8	10	11	13	15	17	19	22	25	28			
14	4	5	6	7	8	9	10	12	13	15	18	20	23	26	30			
15	4	5	6	7	8	9	11	12	14	16	18	21	24	28	31			
16	5	5	6	7	8	10	11	13	15	17	19	22	25	29	33			
17	5	6	7	8	9	10	12	13	15	18	20	23	27	31	35			
18	5	6	7	8	9	11	12	14	16	19	21	25	28	32	37			
19	5	6	7	8	10	11	13	15	17	20	23	26	30	34	38			
20	6	7	8	9	10	12	14	16	18	21	24	27	31	36	40			
21	6	7	8	9	11	12	14	16	19	22	25	29	33	37	43			
22	6	7	8	10	11	13	15	17	20	23	26	30	34	39	45			
23	7	8	9	10	12	14	16	18	21	24	28	32	36	41	47			
24	7	8	9	11	12	14	17	19	22	25	29	33	38	43	50			
25	7	9	10	11	13	15	17	20	23	27	31	35	40	46	52			
26	8	9	10	12	14	16	18	21	24	28	32	37	42	48	55			
27	8	9	11	13	14	17	19	22	26	29	34	39	44	51	58			
28	9	10	11	13	15	18	20	23	27	31	35	41	47	53	61			
29	9	10	12	14	16	18	21	25	28	33	37	43	49	56	64			
30	10	11	13	15	17	19	22	26	30	34	39	45	51	59	67			
31	10	12	13	15	18	20	24	27	31	36	41	47	54	62	70			
32	11	12	14	16	19	22	25	29	33	38	43	50	57	65	74			
33	11	13	15	17	20	23	26	30	35	40	46	52	60	68	78			
34	12	13	15	18	21	24	27	32	36	42	48	55	63	72	82			
35	12	14	16	19	22	25	29	33	38	44	51	58	66	76	86			
36	13	15	17	20	23	26	30	35	40	46	53	61	70	80	91			
37	14	16	18	21	24	28	32	37	42	49	56	64	73	84	95			
38	14	16	19	22	25	29	34	39	45	51	59	67	77	88	100			
39	15	17	20	23	27	31	35	41	47	54	62	71	81	92	105			
40	16	18	21	24	28	32	37	43	49	57	65	74	85	97	111			
41	17	19	22	25	29	34	39	45	52	60	68	78	90	102	117			
42	17	20	23	27	31	36	41	47	54	63	72	82	94	108	123			
43	18	21	24	28	32	37	43	50	57	66	76	87	99	113	129			
44	19	22	26	30	34	39	45	52	60	69	79	91	104	119	136			
45	20	23	27	31	36	41	48	55	63	73	84	96	110	125	143			
46	21	25	28	33	38	44	50	58	67	77	88	101	115	132	150			
47	23	26	30	34	40	46	53	61	70	81	92	106	121	138	158			
48	24	27	31	36	42	48	56	64	74	85	97	111	127	146	166			
49	25	29	33	38	44	51	58	67	78	89	102	117	134	153	175			
50	26	30	35	40	46	53	61	71	82	94	108	123	141	161	184			

Voir exemples aux pages 38 et 48.

**INDICE du COMBUSTIBLE DISPONIBLE**

IH	IS													
	0 1 19	20 1 39	40 1 59	60 1 79	80 1 99	100 1 119	120 1 139	140 1 159	160 1 179	180 1 199	200 1 224	225 1 249	250 1 274	275 1 299
	ICD													
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
2	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
3	3	5	5	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
4	4	6	7	7	7	7	7	7	8	8	8	8	8	8
5	5	7	8	8	9	9	9	9	9	9	9	9	10	10
6	6	8	9	10	10	11	11	11	11	11	11	11	11	11
7	7	9	10	11	12	12	12	13	13	13	13	13	13	13
8	8	10	11	12	13	14	14	14	14	14	15	15	15	15
9	9	10	12	14	14	15	15	16	16	16	16	16	17	17
10	10	11	13	15	16	16	17	17	17	18	18	18	18	18
11	11	11	14	16	17	18	18	19	19	19	19	20	20	20
12	12	12	15	17	18	19	19	20	20	21	21	21	22	22
13	13	13	16	18	19	20	21	21	22	22	23	23	23	23
14	13	14	16	19	20	21	22	23	23	24	24	24	25	25
15-16	15	15	17	20	22	23	24	25	25	26	26	27	27	27
17-18	17	17	19	21	24	25	26	27	28	28	29	30	30	30
19-20	19	19	20	23	25	27	28	29	30	31	32	32	33	33
21-22	21	21	21	24	27	29	30	32	33	33	34	35	36	36
23-24	23	23	23	25	28	31	32	34	35	36	37	38	38	39
25-27	25	26	26	27	30	33	35	36	38	39	40	41	42	42
28-30	28	29	29	29	32	35	37	39	41	42	43	44	45	46
31-33	31	32	32	32	34	37	40	42	43	45	46	48	49	50
34-36	34	34	35	35	35	39	42	44	46	48	50	51	52	54
37-39	37	37	38	38	38	41	44	46	49	51	52	54	56	57
40-43	41	41	41	41	41	43	46	49	51	54	56	58	59	61
44-47	44	45	45	45	45	45	48	52	54	57	59	61	63	65
48-51	48	49	49	49	49	49	51	54	57	60	63	65	67	69
52-55	52	53	53	53	53	53	53	56	60	63	66	68	71	73
56-60	57	57	57	58	58	58	58	59	63	66	69	72	75	77
61-65	62	62	62	62	63	63	63	65	69	72	76	79	81	81
66-70	67	67	67	67	68	68	68	68	68	72	75	79	82	85
71-75	72	72	72	72	72	73	73	73	73	74	78	82	86	89
76-81	77	77	77	78	78	78	78	78	78	78	82	86	90	93
82-87	83	83	83	84	84	84	84	84	84	84	85	89	94	97
88-93	89	89	89	89	90	90	90	90	90	90	93	97	101	105
94-100	95	95	96	96	96	96	96	97	97	97	97	101	105	105
101-107	102	102	102	103	103	103	103	103	104	104	104	104	104	109
108-115	109	110	110	110	110	110	111	111	111	111	111	111	111	113
116-124	118	118	118	118	119	119	119	119	119	119	120	120	120	120
125-134	127	127	127	128	128	128	128	129	129	129	129	129	129	129
135-145	137	137	138	138	138	138	139	139	139	139	139	140	140	140
146-157	148	149	149	149	149	150	150	150	150	151	151	151	151	151
158-170	160	161	161	161	162	162	162	162	162	163	163	163	163	163
171-186	174	175	175	175	176	176	176	177	177	177	177	177	177	178
187-205	191	192	192	192	193	193	193	193	194	194	194	194	195	195
206-228	212	212	212	213	213	213	214	214	214	215	215	215	215	215
229-256	236	237	237	237	238	238	238	239	239	239	240	240	240	240
257-290	266	266	267	267	267	268	268	269	269	269	270	270	270	270
291-332	302	303	303	304	304	304	305	305	305	306	306	306	307	307
333-384	347	347	348	348	349	349	350	350	350	351	351	352	352	352
385-448	402	402	403	403	404	404	405	405	406	406	407	408	408	408

ICD

TABLE 8

IH	IS													
	300 329	330 359	360 399	400 439	440 489	490 539	540 599	600 659	660 729	730 809	810 899	900 999	1000 1099	1100 1199
	ICD													
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
3	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
4	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
5	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
6	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
7	13	13	13	13	13	14	14	14	14	14	14	14	14	14
8	15	15	15	15	15	15	15	16	16	16	16	16	16	16
9	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	18	18	18	18
10	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	20	20
11	20	20	20	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
12	22	22	22	22	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23
13	24	24	24	24	24	24	25	25	25	25	25	25	25	25
14	25	25	26	26	26	26	26	27	27	27	27	27	27	27
15-16	28	28	28	28	29	29	29	29	29	30	30	30	30	30
17-18	31	31	31	32	32	32	33	33	33	33	33	33	34	34
19-20	34	34	35	35	35	36	36	36	36	37	37	37	37	37
21-22	37	37	38	38	39	39	39	40	40	40	40	41	41	41
23-24	40	40	41	41	42	42	43	43	43	44	44	44	45	45
25-27	43	44	44	45	46	46	47	47	48	48	48	49	49	49
28-30	47	48	49	49	50	51	51	52	53	53	53	54	54	55
31-33	51	52	53	54	55	55	56	57	57	58	59	59	59	60
34-36	55	56	57	58	59	60	61	62	63	63	64	65	65	65
37-39	58	60	61	62	63	64	65	66	67	68	68	69	70	70
40-43	62	64	65	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	76
44-47	67	68	70	72	73	75	76	77	78	79	80	81	82	83
48-51	71	73	74	76	78	80	81	83	84	85	86	88	88	89
52-55	75	77	79	81	83	85	87	88	90	91	93	94	95	96
56-60	79	82	84	86	88	90	92	94	96	98	99	101	102	103
61-65	84	86	89	92	94	96	99	101	103	105	106	108	110	111
66-70	88	91	94	97	100	102	105	107	109	111	113	115	117	118
71-75	92	95	98	102	105	108	111	113	116	118	120	122	124	126
76-81	97	100	103	107	110	114	117	120	122	125	128	130	132	134
82-87	101	105	108	112	116	120	123	127	130	133	136	138	141	143
88-93	105	109	113	118	122	126	130	133	137	140	143	146	149	151
94-100	110	114	118	123	127	132	136	140	144	148	151	155	158	160
101-107	114	119	123	128	133	138	143	147	151	155	159	163	167	170
108-115	118	123	128	134	139	145	150	155	159	164	168	172	176	179
116-124	123	128	133	140	146	152	157	163	168	173	178	182	187	190
125-134	129	134	139	146	153	159	165	171	177	182	188	193	198	202
135-145	140	140	145	153	160	167	173	180	186	192	199	205	210	215
146-157	151	151	151	159	167	175	182	189	196	203	210	217	223	228
158-170	164	164	164	166	174	183	191	199	206	214	222	229	236	242
171-186	178	178	178	178	182	191	200	209	217	226	235	243	250	257
187-205	195	195	195	196	196	201	211	220	230	239	249	259	267	275
206-228	216	216	216	216	217	217	222	233	244	255	265	276	286	295
229-256	240	241	241	241	242	242	242	247	259	271	284	296	307	318
257-290	271	271	271	272	272	272	273	273	276	290	304	318	331	343
291-332	307	308	308	309	309	310	310	311	311	311	326	342	358	371
333-384	353	353	354	354	355	355	356	356	357	358	358	369	387	403
385-448	408	409	409	410	411	411	412	413	414	414	415	416	418	437

Voir exemples aux pages 38 et 48.

**INDICE FORÊT-MÉTÉO**

IPI	ICD																	
	0 1	2 3	4 5	6 7	8 9	10 11	12 14	15 17	18 20	21 23	24 26	27 30	31 34	35 38	39 42	43 47	48 52	53 57
	<b>IFM</b>																	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
1,0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3
1,5	0	0	1	1	1	1	1	2	2	2	3	3	3	4	4	4	5	5
2,0	0	1	1	1	1	2	2	3	3	3	4	4	4	5	5	6	6	6
2,5	1	1	1	2	2	3	3	3	4	4	5	5	6	6	6	7	7	8
3	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	8	8	9	9
4	1	2	3	3	4	4	5	6	6	7	7	8	9	9	10	10	11	12
5	2	2	4	4	5	6	6	7	8	8	9	10	10	11	12	13	13	14
6	2	3	4	5	6	7	7	8	9	10	10	11	12	13	14	15	15	16
7	3	4	5	6	7	8	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	17	18
8	3	4	6	7	8	9	10	11	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
9	4	5	7	8	9	9	10	12	13	14	14	15	17	18	19	20	21	22
10	4	5	7	8	9	10	11	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
11	5	6	8	9	10	11	12	14	15	16	17	18	19	20	21	23	24	25
12	5	6	9	10	11	12	13	15	16	17	18	19	20	22	23	24	25	27
13	6	7	9	11	12	13	14	15	17	18	19	20	22	23	24	25	27	28
14	6	7	10	11	12	14	15	16	18	19	20	21	23	24	25	27	28	29
15-16	7	8	11	12	13	15	16	18	19	20	22	23	25	26	27	29	30	32
17-18	7	9	12	13	15	16	18	19	21	22	24	25	27	28	30	31	33	34
19-20	8	10	13	15	16	17	19	21	23	24	25	27	29	30	32	33	35	37
21-22	9	10	14	16	17	19	21	22	24	26	27	29	31	32	34	36	37	39
23-24	9	11	15	17	18	20	22	24	26	27	29	31	33	34	36	38	40	41
25-26	10	12	16	18	20	21	23	25	27	29	31	32	34	36	38	40	42	44
27-29	11	13	17	19	21	23	25	27	29	31	33	35	37	39	40	42	44	46
30-32	12	14	18	21	23	24	27	29	31	33	35	37	39	41	43	45	47	49
33-35	13	15	19	22	24	26	28	31	33	35	37	39	41	44	46	48	50	52
36-38	14	16	21	23	26	28	30	33	35	37	39	41	44	46	48	50	53	55
39-42	15	17	22	25	27	29	32	35	37	39	41	44	46	49	51	53	56	58
43-46	16	18	24	26	29	31	34	37	39	42	44	47	49	52	54	57	59	62
47-51	17	20	25	28	31	33	36	39	42	44	47	49	52	55	57	60	63	66
52-57	18	21	27	30	33	36	39	42	45	48	50	53	56	59	61	64	67	70
58-64	20	23	29	33	36	39	42	45	48	51	54	57	60	63	66	69	72	75
65-72	22	25	32	35	39	42	45	48	52	55	58	61	64	67	70	74	77	80
73-81	23	27	34	38	42	45	48	52	56	59	62	65	69	72	75	79	82	86
82-91	25	29	37	41	45	48	52	56	60	63	67	70	74	77	81	84	88	92
92-102	28	31	40	44	48	52	56	60	64	68	71	75	79	83	86	90	94	98
103-114	30	34	43	48	52	55	60	64	69	73	76	80	84	88	92	96	100	104
115-128	32	37	46	51	56	59	64	69	73	78	81	86	90	94	98	103	107	111
129-144	35	39	50	55	60	64	69	74	79	83	87	92	96	101	105	110	114	119
145-163	38	43	53	59	64	69	74	79	84	89	93	98	103	108	113	117	122	127
164-185	41	46	58	64	69	74	79	85	91	96	100	106	111	116	121	126	131	136

IPI	ICD																			≥382
	58   63	64   69	70   75	76   82	83   89	90   97	98   106	107   116	117   128	129   142	143   159	160   180	181   206	207   238	239   277	278   324	325   381			
	IFM																			
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0,5	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
1,0	3	4	4	4	4	5	5	5	6	6	6	7	7	7	7	7	7	7	7	
1,5	5	6	6	6	7	7	7	8	8	9	9	9	10	10	10	10	10	10	10	
2,0	7	7	8	8	9	9	10	10	11	11	12	12	12	12	13	13	13	13	13	
2,5	8	9	9	10	10	11	12	12	13	13	14	14	15	15	15	15	15	15	15	
3	10	10	11	11	12	13	13	14	15	15	16	16	17	17	17	17	17	17	17	
4	12	13	14	14	15	16	17	17	18	19	20	20	21	21	21	21	21	21	21	
5	15	15	16	17	18	19	20	20	21	22	23	24	25	25	25	25	25	25	25	
6	17	18	19	20	20	21	22	23	24	25	26	27	28	28	28	28	28	28	28	
7	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	31	31	32	32	32	32	
8	21	22	23	24	25	26	27	28	30	31	32	33	33	34	34	34	35	35	35	
9	23	24	25	26	27	28	30	31	32	33	34	35	36	37	37	37	37	37	37	
10	24	26	27	28	29	30	32	33	34	36	37	38	39	39	40	40	40	40	40	
11	26	27	29	30	31	33	34	35	37	38	39	40	41	42	42	42	42	42	42	
12	28	29	30	32	33	34	36	37	39	40	41	43	44	44	45	45	45	45	45	
13	29	31	32	33	35	36	38	39	41	42	44	45	46	47	47	47	47	47	47	
14	31	32	34	35	37	38	40	41	43	44	46	47	48	49	49	49	49	49	50	
15-16	33	34	36	38	39	41	42	44	46	47	49	50	51	52	52	53	53	53	53	
17-18	36	37	39	41	42	44	46	48	49	51	53	54	55	56	56	57	57	57	57	
19-20	38	40	42	44	45	47	49	51	53	55	56	58	59	60	60	61	61	61	61	
21-22	41	43	44	46	48	50	52	54	56	58	60	61	63	64	64	64	64	64	64	
23-24	43	45	47	49	51	53	55	57	59	61	63	65	66	67	68	68	68	68	68	
25-26	45	47	49	52	54	56	58	60	62	64	66	68	69	70	71	71	71	71	71	
27-29	48	50	52	55	57	59	61	64	66	68	70	72	73	74	75	75	75	75	76	
30-32	51	54	56	58	60	63	65	68	70	72	74	76	78	79	80	80	80	80	80	
33-35	54	57	59	62	64	66	69	71	74	76	79	81	82	83	84	84	85	85	85	
36-38	57	60	62	65	67	70	73	75	78	80	83	85	86	88	88	89	89	89	89	
39-42	61	63	66	68	71	74	77	79	82	85	87	89	91	92	93	94	94	94	94	
43-46	64	67	70	72	75	78	81	84	87	89	92	94	96	98	98	99	99	99	99	
47-51	68	71	74	77	80	83	86	89	92	95	97	100	102	103	104	104	105	105	105	
52-57	72	76	79	82	85	88	91	94	97	101	103	106	108	110	110	111	111	111	111	
58-64	77	81	84	87	90	94	97	101	104	107	110	113	115	117	118	118	118	118	118	
65-72	83	86	90	93	97	100	104	107	111	114	118	121	123	125	126	126	126	126	126	
73-81	89	92	96	100	103	107	111	115	119	122	126	129	131	133	134	135	135	135	135	
82-91	95	99	103	107	111	114	118	123	127	130	134	137	140	142	143	143	144	144	144	
92-102	101	106	110	114	118	122	126	131	135	139	143	146	149	151	152	153	153	153	153	
103-114	108	113	117	121	126	130	134	139	143	148	152	155	158	160	162	162	163	163	163	
115-128	115	120	124	129	134	138	143	148	153	157	162	165	168	171	172	173	173	173	173	
129-144	123	128	133	138	143	147	153	158	163	167	172	176	179	182	183	184	184	184	184	
145-163	132	137	142	147	152	158	163	168	174	179	184	188	191	194	195	196	196	196	196	
164-185	141	147	152	157	163	169	174	180	186	191	196	201	204	207	209	209	210	210	210	

Voir exemples aux pages 38 et 48.

