

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur  
et de la recherche Scientifique  
Université CONSTANTINE 1



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
جامعة قسنطينة 1

N° de série : .....

N° d'ordre : .....

*Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie*  
*Département de Biologie et Ecologie*  
*Année universitaire 2013 / 2014*

***Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention  
du diplôme de Magister***

*Filière : Ecologie et Environnement*  
*Option : Pathologie des Ecosystèmes Forestiers*

**THEME**

***ETUDE DES RAPPORTS ET DES CORRELATIONS ENTRE LE REGIME  
BIOCLIMATIQUE ET LES INCENDIES DE FORETS  
(CAS DE L'EST-ALGERIEN)***

***Présenté par :***  
***Mr GHENNAI Nabil***

***Soutenu le : 03 /12 /2014.***

***Devant le jury :***

<b><i>Président :</i></b>	<b><i>Pr RAHMOUNE Chaâbane</i></b>	<b><i>Université CONSTANTINE 1</i></b>
<b><i>Rapporteur :</i></b>	<b><i>Pr BENDERRADJI M.E.H</i></b>	<b><i>Université CONSTANTINE 1</i></b>
<b><i>Examineurs :</i></b>	<b><i>Pr ALATOU Djamel</i></b>	<b><i>Université CONSTANTINE 1</i></b>
	<b><i>Pr BOUDOUR Leïla</i></b>	<b><i>Université CONSTANTINE 1</i></b>

***Promotion 2011 / 2012***

بسم الله الرحمن الرحيم

وَقُلْ إِنَّمَا أَدَّبْتُ الْقُرْآنَ بِأُذُنٍ مُّسْمِعَةٍ  
مِّنْ رَبِّي يُبَشِّرُ الصَّالِحِينَ الَّذِينَ إِذَا أُذُنُوا  
لَهُ فَسَبَّحُوا لَهُ سُبْحَانَ اللَّهِ عِندَ كُلِّ مَسْجِدٍ  
مِّنَ الْمَسْجِدَاتِ وَرَوَوْا لَهُ بِالْحَمْدِ إِنَّ اللَّهَ  
شَدِيدُ الْعِقَابِ

طه (الآية 114)

## REMERCIEMENT

*Au terme de ce modeste travail, je remercie **ALLAH**, le tout puissant, le miséricordieux pour m'avoir aidé à réaliser ce travail.*

*Je voudrai exprimer ma profonde gratitude à Mr **BENDERRADJI Med EL HABIB**, Professeur à l'université de Constantine 1, qui a accepté d'être mon promoteur. Je le remercie pour sa grande bienveillance, pour ses conseils pour la réalisation de ce travail.*

*Mr **RAHMOUNE CHAABANE**, Professeur à l'université de Constantine 1, pour m'avoir honoré de présider le jury et d'examiner mon travail.*

*Mes vifs remerciements vont également à Mr **ALATOÛ DJAMEL** et Madame **BOUDOUR LEILA** Professeurs à l'université Constantine 1, pour avoir accepté de juger ce mémoire.*

*Je voudrai aussi adresser mes vifs remerciements à Mr **MENAD AHMAD**, Professeurs à l'université Constantine 1, pour son aide et son encouragement.*

*Mes sincères remerciements s'adressent à la Direction Générale des Forêts et ses conservations en particulier Mme **FERTAS** et Mr **ABBAS** et surtout le Conservateur des forêts de la wilaya de Bordj Bou Arreridj.*

*Mes sincères salutations vont également à MM. **ARFA**, **HAMIDECHI**, **KANOUNI**, **TAHAR** et **AISSAM**.*

*De même, je remercie tous ceux qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.*

# DEDICACE

Je dédie ce modeste travail à :

Mes parents qui ont sacrifié  
leur vie pour que je tiendrais cette  
place.

Mon frère et mes sœurs ;  
Mes neveux ; ANAS, HASSAN  
et HASNA

A mes amis (es) ;  
Tous les enseignants du  
département BIOLOGIE ET  
ECOLOGIE.

A la famille : GHENNAI et  
BAHLOUL et tous ceux et celles  
qui me connaissent de près et de loin.

NABIL

# Sommaire

# SOMMAIRE

Introduction générale.....	01
----------------------------	----

## CHAPITRE I : PRESENTATION DE LA REGION D'ETUDE

I.1. La localisation géographique.....	04
I.2. Les aspects topographiques.....	04
<i>I.2.1. Les plaines littorales.....</i>	<i>05</i>
<i>I.2.2. L'Atlas Tellien.....</i>	<i>06</i>
<i>I.2.3. Les bassins intérieurs.....</i>	<i>06</i>
<i>I.2.4. Les hautes plaines.....</i>	<i>07</i>
<i>I.2.5. L'Atlas Saharien.....</i>	<i>07</i>
I.3. La géologie.....	08
<i>I.3.1. Le cadre géologique.....</i>	<i>08</i>
<i>I.3.2. Les unités géologiques.....</i>	<i>09</i>
I.4. Le réseau hydrographique.....	10
I.5. Le climat.....	11
<i>I.5.1. La pluviosité.....</i>	<i>12</i>
<i>I.5.2. Les Températures.....</i>	<i>13</i>
I.6. Végétation et étages bioclimatiques.....	13
I.7. La répartition spatiale des populations.....	15

## CHAPITRE II : GENERALITES SUR LES FEUX DE FORET

II.1. Origine des feux de forêts.....	17
II.2. Qu'est ce qu'un feu de forêt ?.....	17
II.3. Comment se manifeste-t-il ?.....	18
II.4. Propagation des feux de forêts.....	19
<i>II.4.1. Mécanismes de propagation.....</i>	<i>19</i>
<i>II.4.2. Modes de propagation.....</i>	<i>20</i>
II.5. Les différents types de feux de forêt.....	21
II.6. Les facteurs favorisant la propagation des feux de forêts.....	24

II.6.1. Le type de végétation .....	24
II.6.2. Les facteurs météorologiques .....	24
II.6.3. Les conditions édaphiques .....	26
II.6.4. Les facteurs topographiques .....	26
II.6.5. Les facteurs biologiques .....	26
II.7. Les conséquences des incendies de forêts .....	27
II.7.1. Conséquences sur l'Homme, les biens et les activités .....	27
II.7.2. Conséquences sur le milieu naturel .....	28
II.8. Notions d'inflammabilité et de combustibilité .....	29

## **CHAPITRE III : MATÉRIELS ET MÉTHODES**

III.1. Objectif de l'étude .....	30
III.2. Collecte des informations sur les incendies .....	30
III.3. Les paramètres d'analyses climatiques .....	31
III.3.1. La localisation géographique des stations .....	31
III.3.2. Sources et documents .....	33
III.3.2.1. Les températures .....	34
III.3.2.1.1. Critique des données .....	34
III.3.2.1.2. Comblement des températures .....	35
III.3.2.2. Les précipitations .....	39
III.3.2.2.1. Critique des données .....	40
III.3.2.2.2. Corrections des précipitations .....	40
III.3.2.2.3. La variabilité spatiale et temporelle des précipitations .....	41
III.3.3. Synthèse climatique .....	45
III. 3.3.1. Climagramme ombrothermique de GAUSSEN .....	45
III.3.3.2. Climagramme d'EMBERGER .....	45
III.4. L'analyse statistique .....	48
III.4.1. Corrélation linéaire (coefficient $r$ de Pearson) .....	48
III.4.2. Analyse en composante principale (ACP) .....	48
III.4.3. Analyse de la variance à un critère de classification (ANOVA) .....	48

## CHAPITRE IV : RESULTATS ET DISCUSSIONS

IV.1. Bilan des incendies de forêts .....	49
Introduction.....	49
<i>IV.1. 1. Analyse des feux de forêts en Algérie.....</i>	<i>50</i>
<i>IV.1.1.1. Les surfaces incendiées.....</i>	<i>50</i>
<i>IV.1.1.2. La fréquence des feux .....</i>	<i>51</i>
<i>IV.1.1.3. Le feu moyen .....</i>	<i>53</i>
<i>IV.1.2. Analyse des feux de forêts dans l'Est-algérien .....</i>	<i>54</i>
<i>IV.1.2.1. Evolution annuelle des incendies.....</i>	<i>54</i>
<i>IV.1.2.2. Evolution mensuel des incendies.....</i>	<i>56</i>
<i>IV.1.2.3. Répartition des incendies suivant les Wilayas.....</i>	<i>57</i>
<i>IV.1.2.4. Répartition des incendies suivant les formations végétales.....</i>	<i>58</i>
<i>IV.1.2.5. Répartition du nombre de foyers par classe de superficie .....</i>	<i>59</i>
Conclusion.....	60
IV.2. Les facteurs climatiques favorisant les incendies de forêts .....	61
Introduction.....	61
<i>IV.2. 1. L'influence des facteurs climatiques sur le régime des incendies .....</i>	<i>62</i>
<i>IV.2.1.1. L'effet des précipitations sur la fréquence des feux .....</i>	<i>62</i>
<i>IV.2.1.2. L'effet des températures maximales sur la fréquence des feux.....</i>	<i>63</i>
<i>IV.2.1.3. L'effet de l'humidité de l'air sur la fréquence des feux .....</i>	<i>65</i>
<i>IV.2.1.4. L'effet de la vitesse des vents sur la fréquence des feux .....</i>	<i>66</i>
<i>IV.2.2. L'analyse statistique.....</i>	<i>68</i>
<i>IV.2.2.1. Corrélation entre les variables.....</i>	<i>68</i>
<i>IV.2.2.2. L'analyse en composante principale (ACP).....</i>	<i>69</i>
<i>IV.2.2.3. L'analyse statistique univariée (ANOVA).....</i>	<i>73</i>
<i>IV.2.2.4. L'analyse hiérarchique.....</i>	<i>74</i>
Conclusion.....	76
<b>Conclusion générale .....</b>	<b>77</b>
<b>Bibliographie.....</b>	<b>80</b>
<b>Annexe.....</b>	<b>84</b>
<b>Résumés.....</b>	<b>91</b>

## *LISTE DES TABLEAUX*

<b>Tableau 01 :</b>	Exemples d'origine des incendies de forêts.....	17
<b>Tableau 02 :</b>	Caractéristiques générales des principaux ensembles topographiques (Est-algérien).....	32
<b>Tableau 03 :</b>	Présentation des stations météorologiques de la région d'étude.....	32
<b>Tableau 04 :</b>	Les coefficients de corrélation entre les différentes stations principales.....	35
<b>Tableau 05 :</b>	L'amplitude thermique des stations de l'Est-algérien en (°C).....	39
<b>Tableau 06 :</b>	Le quotient pluviométrique des stations d'étude (période : 1985 – 2012)...	45
<b>Tableau 07 :</b>	Surfaces des principales essences forestières en Algérie.....	49
<b>Tableau 08 :</b>	Répartition annuelle des incendies de forêt dans l'Est-algérien.....	54
<b>Tableau 09 :</b>	Répartition mensuelle de nombres de feux et superficies brûlées dans l'Est-algérien (période : 1985 – 2012).....	56
<b>Tableau 10 :</b>	Répartition des incendies suivant les formations végétales.....	58
<b>Tableau 11 :</b>	Répartition du nombre de foyers par classe de superficie.....	59
<b>Tableau 12 :</b>	Répartition des précipitations en mm au niveau des 15 stations d'étude (de Juin à Octobre ; période 1985 – 2012).....	62
<b>Tableau 13 :</b>	Répartition des températures maximales en °C au niveau des 15 stations d'étude (de Juin à Octobre ; période 1985 – 2012).....	64
<b>Tableau 14 :</b>	Répartition de l'humidité relative en % au niveau des 15 stations d'étude (de Juin à Octobre ; période 1985 – 2012).....	65
<b>Tableau 15 :</b>	Répartition des vitesses du vent en km/h au niveau des 15 stations d'étude (de Juin à Octobre ; période 1985 – 2012).....	67
<b>Tableau 16 :</b>	Matrice de corrélation entre les variables.....	68
<b>Tableau 17 :</b>	Matrice de corrélation ( <i>Pearson (n)</i> ).....	69
<b>Tableau 18 :</b>	Résultats de l'ACP des trois premiers axes, obtenus pour l'ensemble des 15 départements à partir des 6 caractéristiques mesurés sur 28 ans.....	70
<b>Tableau 19 :</b>	Valeurs des corrélations et corrélations carrées des variables initiales avec les trois premiers axes principales.....	71
<b>Tableau 20 :</b>	Comparaison entre les valeurs moyennes des températures maximales et celles des superficies brûlées et le nombre de foyers (période 1985 – 2012).....	74
<b>Tableau 21 :</b>	Comparaison entre les valeurs moyennes de chacune des 6 caractéristiques mesurées pour la période (1985 – 2012).....	74
<b>Tableau 22 :</b>	Groupes des années homogènes obtenus par l'analyse hiérarchique sur l'ensemble de 28 ans (période : 1985 – 2012).....	75

## *LISTE DES FIGURES*

<b>Figure 1 :</b>	Situation géographique de la région d'étude.....	04
<b>Figure 2 :</b>	Les grandes unités physiques de l'Est-algérien.....	05
<b>Figure 3 :</b>	Carte géologique de l'Algérie orientale.....	08
<b>Figure 4 :</b>	Bassins hydrographiques de l'Est-algérien.....	11
<b>Figure 5 :</b>	Carte des précipitations annuelles de l'Est-algérien.....	12
<b>Figure 6 :</b>	Les zones bioclimatiques de l'Est-algérien.....	13
<b>Figure 7 :</b>	Population et Densité de population par wilaya (Est-algérien).....	16
<b>Figure 8 :</b>	Les combustibles d'un feu de forêt.....	18
<b>Figure 9 :</b>	Le Triangle du feu.....	18
<b>Figure 10 :</b>	Les processus de combustion.....	19
<b>Figure 11 :</b>	Les modes de transfert de chaleur.....	20
<b>Figure 12 :</b>	Les différentes strates végétales.....	22
<b>Figure 13 :</b>	Les différents types de feux.....	22
<b>Figure 14 :</b>	Les feux avec brandons.....	23
<b>Figure 15 :</b>	Facteurs vent et pente.....	26
<b>Figure 16 :</b>	Localisation des stations météorologiques.....	31
<b>Figure 17 :</b>	Evolution des températures moyennes annuelles (°C) pour la période (1985 – 2012).....	38
<b>Figure 18 :</b>	Variations intra-annuelles des précipitations (mm) pour la période (1985 – 2012).....	42
<b>Figure 19 :</b>	Variations interannuelles des précipitations (mm) au cours de la période (1985 – 2012).....	44
<b>Figure 20 :</b>	Diagrammes Ombrothermiques de GAUSSEN pour chaque station d'étude	46
<b>Figure 21 :</b>	Climagramme d'EMBERGER des stations d'étude.....	47
<b>Figure 22 :</b>	Répartition des incendies de forêts en Algérie suivant les formations végétales (période : 1963 – 2013).....	50
<b>Figure 23 :</b>	Evolution annuelle des superficies parcourues par le feu en Algérie (période : 1963 – 2013).....	51
<b>Figure 24 :</b>	Evolution annuelle des nombres d'incendies en Algérie (période : 1977 – 2013).....	52
<b>Figure 25 :</b>	Evolution de feu moyen en Algérie (période : 1977 – 2011).....	53
<b>Figure 26 :</b>	Evolution annuelle de nombres de feux et des superficies brûlées pour l'Est-algérien (période : 1985 – 2012).....	55
<b>Figure 27 :</b>	Evolution mensuelle de nombres et superficies incendiées dans l'Est-algérien.....	56
<b>Figure 28 :</b>	Répartition des incendies de forêt dans les Wilayas de l'Est-algérien.....	57
<b>Figure 29 :</b>	Répartition des incendies suivant les formations végétales.....	59
<b>Figure 30 :</b>	Répartition du nombre de foyers par classe de superficies.....	60
<b>Figure 31 :</b>	Relation entre la fréquence des feux et les précipitations.....	63
<b>Figure 32 :</b>	Relation entre la fréquence des feux et les températures maximales.....	64
<b>Figure 33 :</b>	Relation entre la fréquence des feux et l'humidité relative de l'air.....	66
<b>Figure 34 :</b>	Relation entre la fréquence des feux et les vitesses maximales du vent.....	67

<b>Figure 35 :</b>	Histogramme des valeurs propres en fonction des rangs des axes principaux.	70
<b>Figure 36 :</b>	Représentation graphique des 6 variables sur le plan factoriel 1-2.....	72
<b>Figure 37 :</b>	Représentation graphique des points individus (années) dans le plan factoriel 1-2.....	73
<b>Figure 38 :</b>	Dendrogramme du regroupement des 28 ans à l'aide de la méthode du lien simple et la distance carré de Pearson.....	75

# Introduction générale

## **Introduction générale :**

L'Algérie couvre une superficie de 2 381 174,1 km<sup>2</sup> ce qui la rend le premier pays africain après le découpage du Soudan. Cet important espace abrite, à ce titre, de grands ensembles géographiques ; montagnes, hautes plaines, plaines fertiles du littoral et surtout le Sahara l'un des plus vastes déserts du monde qui occupe plus de 2 millions de km<sup>2</sup> soit 84 % du territoire. Les régions du nord de l'Algérie où les conditions de climat et de milieu permettent le développement des formations forestières occupent 250 000 km<sup>2</sup> soit un peu plus de 10 % de la superficie totale.

Au plan climatique, cette configuration s'est traduite par l'existence de cinq étages bioclimatiques sur lesquels l'influence méditerranéenne s'atténue à mesure que l'on s'éloigne de la mer. C'est-à-dire du Nord vers le Sud (humide, sub-humide, semi-aride, aride et saharien). Cette phytogéographie variée a engendré une multitude d'écosystèmes très riches sur le plan de la diversité biologique. Mais, cette richesse de paysages et de biotopes est soumise à des dégradations latentes pouvant à long terme entraîner des conséquences néfastes tant sur le plan écologique que socio-économique.

Au niveau des zones de montagne, la destruction de la strate forestière, par notamment les incendies de forêts et les défrichements, fait que les sols en pente, soumis aux fortes pluies d'hiver, s'érodent à une vitesse impressionnante. Ceci provoque des dégâts importants comme les pertes en sols agricoles, l'envasement de barrages et les inondations. Cette situation dont l'origine est la surexploitation des ressources et une activité intense inadaptée, rend le processus de remontée biologique difficile.

Nous avons choisi comme zone d'étude l'Est-algérien. Cette zone s'étend sur une superficie estimée de 128 187 km<sup>2</sup> soit (5 %) de la superficie totale. Elle regroupe 17 wilayas ; du littoral jusqu'à l'Atlas Saharien en passant par l'Atlas Tellien, et les Hautes plaines Constantinoises à savoir : Béjaïa, Jijel, Skikda, Annaba, El Tarf, Souk Ahras, Guelma, Constantine, Bordj Bou Arreridj, Sétif, M'sila, Oum El Bouaghi, Tébessa, Batna et Biskra.

L'Est-algérien renferme une richesse floristique très importante résultante de la diversité des étages bioclimatiques (humide, sub-humide, semi-aride et aride), le Nord-est

algérien est plus arrosé que le Sud-est, ce qui engendre une inégalité de la distribution du couvert végétal. Cette particularité n'empêche pas l'éclosion de feux de forêts qui peuvent être d'une ampleur catastrophique.

Les incendies de forêt sont une perturbation et un danger naturel majeurs dans de nombreuses régions et écosystèmes, que ce soit par leur influence sur la composition des essences et la couverture forestière ou la menace qu'ils représentent pour les sociétés humaines (BOWMAN *et al.*, 2009).

Les régimes des incendies de forêt sont influencés par de nombreux facteurs, biotiques ou abiotiques et d'échelle spatiale variable. Parmi ces facteurs, le climat et la météorologie jouent un rôle prépondérant, que ce soit par le biais des températures élevées, de faibles précipitations, du vent ou encore de la foudre.

Il y a donc un intérêt certain à mieux comprendre le régime des incendies de forêt et ses facteurs déterminants. Une étape préalable et essentielle pour y arriver est la disponibilité des données permettant de reconstituer les caractéristiques principales dudit régime (ZUMBRUNNEN, 2010).

A cet effet, nous nous sommes penchés dans le présent travail à l'étude de cette corrélation entre le régime bioclimatique et les incendies de forêts. Dans la première partie concernant la synthèse bibliographique, qui est subdivisée en deux chapitres, le premier est consacré à une étude bibliographique sur la zone d'étude, en se basant sur les conditions abiotiques et biotiques du milieu physique. Le deuxième chapitre est destiné à l'étude des feux de forêts, leurs comportements et ses différents types.

Quant au troisième chapitre, il relate les différentes méthodes de travail utilisées. Dans un premier temps à collecter et rechercher le maximum d'informations concernant les feux de forêts enregistrées dans les différents départements de cette région, associées aux données climatiques. Dans un second, faire une synthèse climatique de la région d'étude, en se basant sur les différents paramètres climatiques obtenus auprès de la station météorologique de Constantine et des archives des études passées. Et enfin, l'analyse statistique des données pour mettre en évidence la relation entre les feux de forêts et le climat.

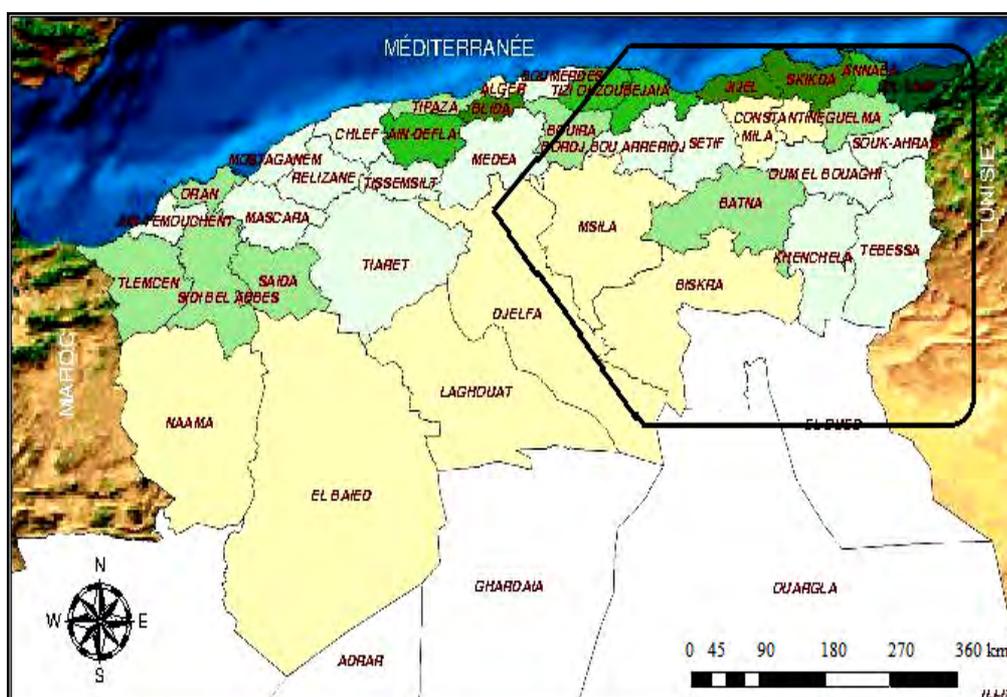
Le quatrième chapitre représente la partie la plus importante de cette étude, il renferme tous les résultats, les discussions et des conclusions partielles. Il est divisé en deux parties : dans la première partie, nous avons abordé le bilan de feux de forêts de l'Est-algérien sur une période de 28 ans (1985 – 2012). La deuxième partie est consacrée à l'étude des rapports et des corrélations entre le régime bioclimatique et les feux de forêts, en se basant sur une étude statistique descriptive pour mieux exprimer les résultats. Une conclusion générale assortie de perspectives termine cette étude.

## Chapitre I

# Présentation de la région d'étude

### I.1. La localisation géographique :

La région d'étude se situe dans le Nord-Est algérien, elle regroupe dix sept (17) wilayas couvrant une superficie totale de 128 187 km<sup>2</sup>. Elle est limitée à l'Ouest par une verticale parcourant Béjaïa, les Monts et Chott Hodna jusqu'aux Monts du Zab, à l'Est par la frontière algéro-tunisienne, au Nord par la mer Méditerranée, et enfin au Sud par Chott Melrhir, au droit d'une ligne Ouled Djellal-Negrine. Elle sise entre les parallèles 34° 20' et 37° 10' Nord latitudes et 4° 40' et 8° 30' Est longitudes (fig. 1) (MEBARKI, 2005).



*Figure 1 – Situation géographique de la région d'étude*

### I.2. Les aspects topographiques :

L'Est-algérien est loin de l'espace uniforme cristallin. Vu son hétérogénéité structurale très poussée, il ne correspond pas à une seule entité naturelle. Il s'agit d'un relief diversifié qui se présente sous forme d'un dispositif caractérisé par une alternance de zones élevées (rides) et de zones basses (bassins ou plaines). L'allure générale du relief se présente comme un ensemble de hautes terres où les basses plaines sont très étroites et encaissées (CHERRAD, 1993).

La physionomie générale du relief apparaît comme un agencement de lignes orthogonales ordonnées faisant front au littoral se caractérisant plus par des contraintes que de potentialités (RAHAM, 2001).

L'Est-algérien apparaît schématiquement sous forme de cinq grandes unités physiques comprenant eux-mêmes des nuances. Ces unités sont disposées du Nord au Sud (Fig. 2).

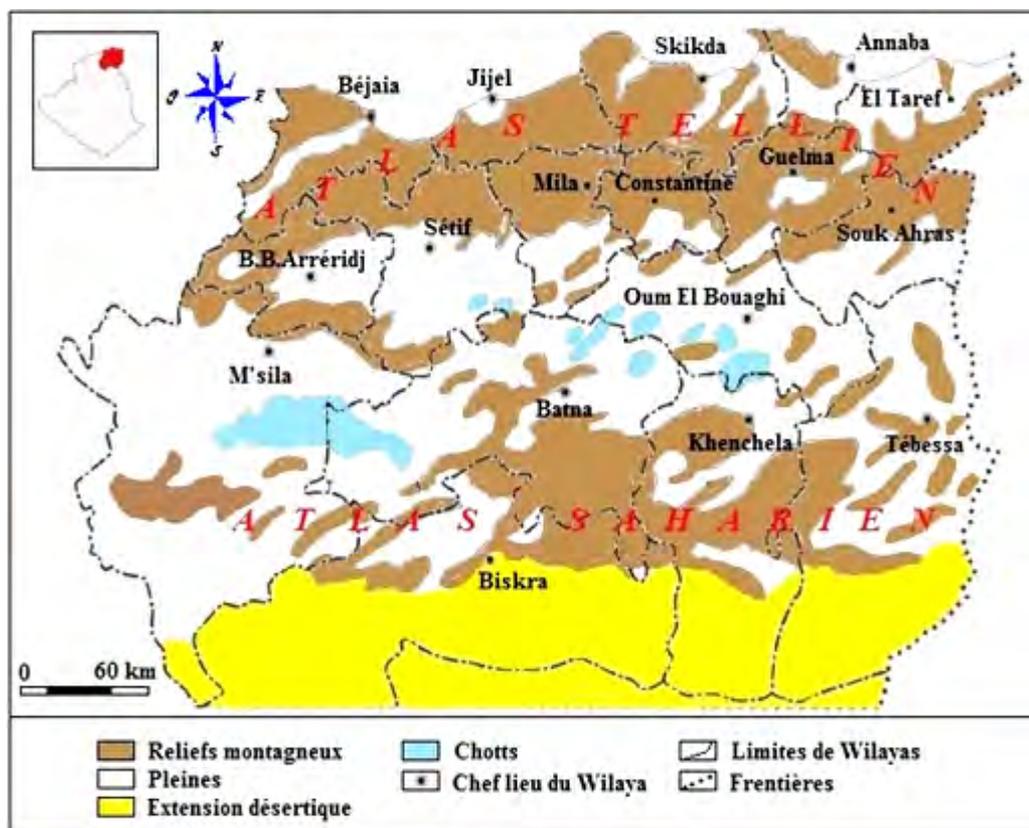


Figure 2 – Les grandes unités physiques de l'Est-algérien (RAHAM, 2001)

### 1.2.1. Les plaines littorales :

Elles se succèdent d'Est en Ouest, en unités isolées les unes des autres, par les massifs maritimes. Les trois massifs d'El Aouana, de Bougaroun et de l'Edough ont des positions en saillant dans la mer Méditerranée qu'ils dominent par des versants raides (MARRE, 1992). Les plaines de Guerbès, de Fetzara et d'Annaba, en forme de croissant autour du djebel Edough, sont jalonnées respectivement par la basse vallée du Kébir-Ouest, le Lac Fetzara, la basse Seybouse et la Mafragh.

Il s'agit partout ailleurs de petites plaines côtières correspondant aux basses vallées des oueds : Skikda (Oued Safsaf), Collo (Oued Guebli), El Ancer-Belghimouz (Oued El-Kébir), Jijel (Oued Djendjen) et Souk El Thenine (Oued Agrioun).

### ***1.2.2. L'Atlas Tellien :***

C'est un ensemble constitué par une succession de massifs montagneux, côtiers et sub-littoraux, et de plaines (HADJIAT, 1997), qui s'étend sur 300 km de long et 50 à 80 km de large (suivant les secteurs).

En allant de l'Ouest à l'Est, on rencontre le massif de la petite Kabylie constitué par la chaîne des Babors, qui débute à l'Ouest à la vallée de la Soummam et se termine à l'Est, au niveau de Djenjen et du massif d'El Aouana. Constitué par une série de chaînons sensiblement parallèles orientés (N.E/S.O). Les altitudes restent modestes avec un point culminant enregistré à Djebel Babor (2004 m).

Lorsqu'on se déplace vers l'Est, les altitudes décroissent rapidement. Ainsi, au-delà de la vallée de l'Oued Rhumel, on trouve un ensemble de sommets alignés d'Ouest en Est qui est la chaîne Numidique, qui, vers le Sud, descente vers les hautes plaines Constantinoises ou, par endroits, relayée par le Djebel Chettaba (1316 m) et Djebel Ouahche (1282 m) et Djebel Maouna (1411 m).

Sur cette chaîne se trouvent les escarpements les plus hardis. Les sommets les plus aigues sont Kef Sidi Driss (1273 m) et les deux Kefs Toumiet (883 m). Plus à l'Est, on trouve le massif de l'Edough, qui est nettement isolé de la chaîne tellienne et présente une bonde sub-littorale, sa ligne de crête rectiligne débute de Koudiat El-Racha (616 m), passé par Kef Seba (1008 m le point culminant) et Seraïdi.

### ***1.2.3. Les bassins intérieurs :***

Ils sont encastrés entre les monts de l'Atlas Tellien. Les plus importants sont ceux de Guelma, Mila et Soummam. Ces bassins sont composés de glacis qui encadrent presque tous les milieux naturels du Constantinois composés de plusieurs niveaux étagés ou emboîtés et plus ou moins encroûtés.

La région de Mila se caractérise par un espace géographique très diversifié avec un relief complexe et irrégulier et profondément disséqué par un réseau hydrographique dense. Ses plaines intra-montagneuses ont une altitude moyenne de 400 m.

Plus à l'Est, la région de Guelma, est caractérisée par un relief fortement montagneux, dont les points culminants sont enregistrés à Djebels Maouna (1411 m) et Houara (1292 m) (TIR, 2008).

#### ***1.2.4. Les hautes plaines :***

Les Hautes Plainnes, hautes par leur altitude de 700 à 1000 mètres et plaines par leur platitude, s'étalent d'Est en Ouest et se caractérisent par une position continentale. Ces dernières occupent des superficies beaucoup plus importantes que les basses plaines (plaines littorales et bassins intérieurs) qui se caractérisent par leur exigüité.

Les Hautes Plainnes se distinguent par deux sous-ensembles dont le premier, se situant au Nord, se rapproche du domaine tellien et le second plus au Sud, c'est-à-dire la steppe, correspondant à l'espace de raccordement ou de jonction entre le domaine tellien et le domaine saharien (RAHAM, 2001).

La présence de quelques dépressions fermées forment des Chotts, Sebkhia et Garaet (Chott *Tincilt* et Sebkhia *Zemmoul* à Souk Naâmane).

#### ***1.2.5. L'Atlas Saharien :***

C'est un ensemble de massifs volumineux mais relativement ouverts, dominant vigoureusement au Sud la cuvette jalonnée de chotts.

Les reliefs dissymétriques de l'Aurès se caractérisent par des alignements (S.O/N.E) où gros anticlinaux et larges synclinaux perchés se succèdent. C'est là où s'élève le plus haut massif de l'Est-algérien, Djebel Chélia (2326 m). A l'Est, le pays Némemcha prolonge l'Aurès par ses alignements (S.O/N.E). Les deux ensembles relient, à travers de longs versants méridionaux, le piémont saharien.

Les Monts du Hodna qui jouxtent l'Aurès à l'Ouest, ferment en diagonale les Hautes Plaines et font la jonction entre l'Atlas saharien et la chaîne tellienne. Leur versant Sud dominant Chott Hodna est à l'origine d'une série d'oueds temporaires qui alimentent la dépression lacustre. L'oued Ksob mord un peu plus au Nord dans les Hautes Plaines de Bordj Bou Arreridj (MEBARKI, 2005).

Le chott Melrhir (point le plus bas d'Algérie : -34 m) est le réceptacle des oueds qui descendent Nord-Sud du flanc méridional de l'Aurès-Némemcha. C'est dans cette grande dépression lacustre que se jette également l'oued Djedi, gros collecteur de la vaste gouttière qui s'étend d'Ouest en Est sur environ 500 km, entre l'Atlas Saharien (au Sud des Monts des Ouled Nail et Monts du Zab) et le plateau des daïas (DUBIEF, 1953).

### I.3. La géologie :

#### I.3.1. Le cadre géologique :

Le domaine septentrional est constitué de reliefs jeunes, modelés au cours du Tertiaire par les mouvements alpins (fig. 3).

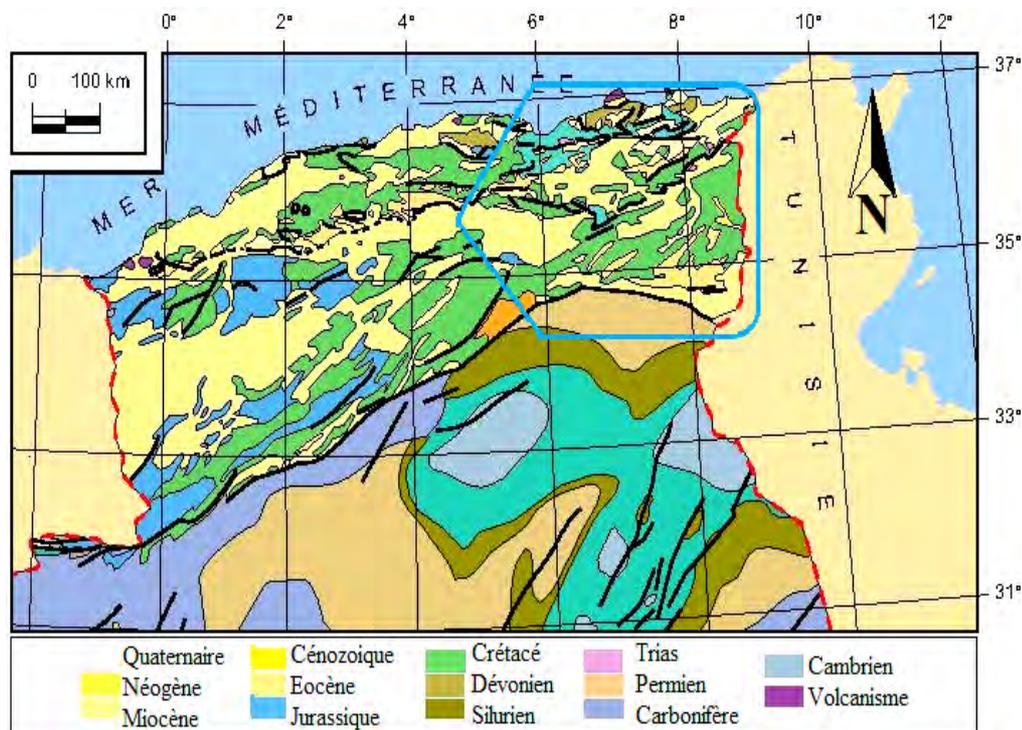


Figure 3 – Carte géologique de l'Algérie orientale (TABET, 2008)

L'Algérie alpine est composée des ensembles structuro-sédimentaires suivants, du nord au sud :

- ✗ le plateau continental algérien réduit, à dépôts tertiaires et quaternaires (1000 à 3500 m), repose sur un socle métamorphique.
- ✗ l'Atlas tellien est le domaine des nappes, avec des bassins de type intra-montagneux, dont la série sédimentaire s'étend du Jurassique au Miocène.
- ✗ le Hodna est un bassin d'avant-fosse dont la séquence de remplissage débute par des dépôts continentaux d'âge Eocène et Oligocène et se poursuit par un Miocène marin.
- ✗ les hauts plateaux, avant-pays alpin, à couverture sédimentaire réduite, où les processus locaux de distension ont permis la formation de bassins intra-montagneux comme ceux de Telagh et de Tiaret.
- ✗ l'Atlas saharien est né d'un long sillon subsidence pincé entre les hauts plateaux et la plateforme Saharienne. Au Mésozoïque, ce sillon fut comblé par une puissante série sédimentaire (7000 à 9000 m). Durant le Tertiaire, une tectonique compressive réactive les structures extensives antérieures en failles et structures inverses aboutissant à la formation de cette chaîne montagneuse. L'objectif pétrolier principal est le Jurassique.
- ✗ les bassins du Chott Melrhir dans le S/E constantinois, structurés au Tertiaire, à remplissage créacé (5000 m), ont engendré et accumulé des hydrocarbures principalement dans le Crétacé (Djebel Onk).

### ***1.3.2. Les unités géologiques :***

Du Nord au Sud, on distingue les formations suivantes :

Les monts de la petite Kabylie et de la chaîne Numidique sont prédominés par des sols tendres (marneux, argileux et schisteux) et des terrains sédimentaires empilés sur des grandes épaisseurs au cours des ères secondaires et tertiaires, fréquemment, soulevés et plissés (WOJTERSKI, 1985 in TIR, 2008).

Les Babors constituent la chaîne la plus ancienne des sols calcaires avec quelques sols marneux sur les parties élevées et sur les flancs Nord (GHARZOULI, 1989). A l'Est, les massifs de Tamzghida, Taza et Guerrouche sont prédominés par des argiles, des grès et une série de dépôts de marnes schisteuses.

Djebel Edough appartient à la série de ce prolongement, correspond aux affleurements de formations cristallophylliennes. Cette chaîne est essentiellement constituée de gneiss.

Le second système montagneux (Monts de Sétif et de Constantine), constitue un maillon très important du tell intérieur.

Selon GLACON (1967), cette région a subi des mouvements orogéniques alpins à la fin du tertiaire et du début du quaternaire. Ce système est constitué par les monts suivants :

- ✱ Djebel Chettabah, dont le substrat géologique date de l'ère secondaire, est constitué par une épaisse formation marneuse ;
- ✱ A l'Ouest, les Monts de Sétif, vieille chaîne de grès crétacé et aplatie, présente de puissantes assises de grès à la base et du calcaire marneux sur les crêtes ;
- ✱ Djebels Tafat, Anini et Maghress sont formés par la succession des alluvions récentes et anciennes et parfois des éboulis à bloc des terrains miocènes de nature marneuse et argileuse ;
- ✱ Les Hautes Plaines Sétifiennes, argileuses au Nord et calcaires au Sud, sont caractérisées par des sols essentiellement marneux et dolomitiques ;
- ✱ Le massif de Boutaleb est presque entièrement du crétacé inférieur, caractérisé par des sols essentiellement marneux et dolomitiques ;
- ✱ Les Aurès se présentent avec un substrat de grès et de calcaire du crétacé (ABDESSAMED, 1981).

#### **I.4. Le réseau hydrographique :**

L'Algérie orientale, vaste région aux contextes physiques variés, est marquée par un fort contraste climatique, Méditerranéen au Nord et continental sub-désertique au Sud. L'inégale répartition des ressources en eau de surface et leur irrégularité s'inscrit dans ces contextes : cours d'eau relativement fournis, tributaires de la mer Méditerranée et oueds à débit modeste, reliés à des dépressions fermées où l'évaporation est intense (MEBARKI, 2010).

Le réseau hydrologique est très encaissé et relativement court. Le débit de ces cours d'eau, l'abondance et la modération de l'écoulement varie selon les saisons : abondant et modéré pendant la saison humide et très faible pendant la saison sèche (Fig. 4).

Le Nord, des bassins à écoulement exoréique (les oueds se jettent dans la mer) à régime quasiment pérenne : Oued Rhumel-El kebir, Beni Haroun, Oued Safsaf à Zerdezas et Oued Seybous au Nador) et plus à l'Ouest l'Oued Djendjen et l'Oued Soummam (TABET, 2008).

Au Sud, dans les Aurès, le réseau hydrographique est endoréique dont l'écoulement se perd dans les dépressions intérieures à régime temporaire. La direction des oueds fait que les uns sont sahariens comme Oued El Arab, Oued El Abiod et Oued Abdi, qui traversent le massif (du N/E vers le S/O) et s'éloignent tous dans les Chotts (ABDESSAMED, 1981).



Figure 4 – Bassins hydrographiques de l'Est-algérien (MEBARKI, 2010)

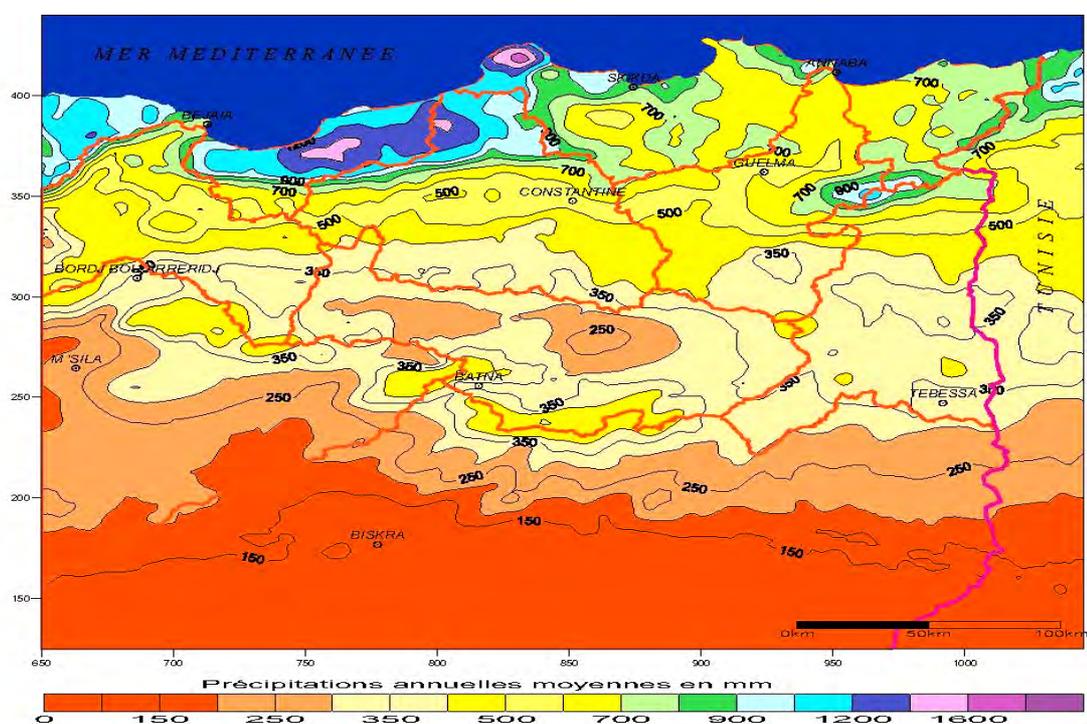
### I.5. Le Climat :

L'Est-algérien est la région la plus variée du pays sur le plan climatique. Il est caractérisé par une longue période de sécheresse estivale variant de 3 à 4 mois sur le littoral, de 5 à 6 mois au niveau des Hautes Plaines et supérieure à 6 mois au niveau de l'Atlas Saharien (NEDJRAOUI, 2001).

### 1.5.1. La pluviosité :

Les précipitations accusent une grande variabilité mensuelle et surtout annuelle. Cette variabilité est due à l'existence de gradients (DJELLOULI, 1990). Les moyennes pluviométriques annuelles varient de moins de 25 mm dans les régions sahariennes à plus de 1 500 mm dans certaines localités du nord (Jijel). Elles diminuent du Nord au Sud et d'Est en Ouest. Cette diminution de littoral vers les régions sahariennes est due à la grande distance traversée par les dépressions qui doivent affronter sur leur parcours les deux chaînes atlasiques.

Le littoral est caractérisé par des fortes précipitations (supérieures à 900 mm) dans la zone montagneuse Nord-Ouest, allant de Bejaia à Collo, ainsi que dans les tranches d'altitude les plus élevées des monts de la Medjerda et du massif de l'Edough dans le Nord-Est (fig. 5).



**Figure 5** – Carte des précipitations annuelles de l'Est-algérien (MEBARKI, 2005)

La pluie atteint plus de 1 400 mm sur les hauteurs d'Erraguène et jusqu'à 1 800 mm sur le massif de Collo, avec 1 689 mm à la station de Zitouna. Les isohyètes de 600 à 800 mm balayent tout le reste de l'Atlas tellien avec cependant des contrées beaucoup plus pluvieuses dans la région extrême Est (El Kala).

Les Hautes Plaines sont nettement cernées dans leur bordure Nord par l'isohyète 500 mm. La pluviométrie décroît vers la bordure Sud (350 mm) avec des creux assez nets (moins de 300 voire moins de 200 mm) dans la zone des lacs salés. C'est le même creux que l'on observe sur la cuvette du Chott Hodna, traversée par les isohyètes 300 et 250 mm.

L'Atlas saharien, en raison de l'effet orographique et l'exposition du versant Nord, enregistre une remontée du total pluviométrique vers des valeurs de 400 à 600 mm par an ; les sommets de l'Aurès pouvant recevoir plus de 600 mm. L'isohyète 300 mm marque l'amorce de la décroissance des précipitations sur le piémont Sud de l'Atlas dont la bordure méridionale est jalonnée par l'isohyète 200 mm et même 150 mm (MEBARKI, 2005).

En automne les pluies orageuses sont violentes, torrentielles et irrégulières. Elles tombent sur des sols dépourvus de végétations et sont orientées par la direction des axes montagneux de par leur position vis-à-vis de la mer (D.G.F., 2004).

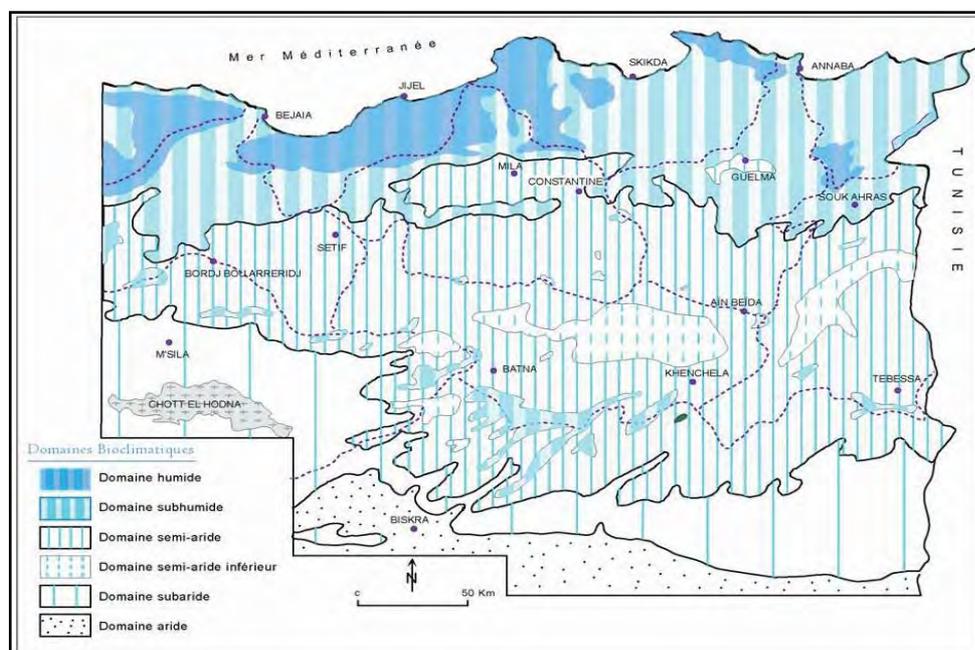
### ***1.5.2. Les Températures :***

La moyenne des températures minimales du mois le plus froid (m) est comprise entre 0 °C et 9 °C dans les régions littorales et entre -2 °C et +4 °C dans les régions semi-arides et arides.

La moyenne des températures maximales du mois le plus chaud (M) varie avec la continentalité, de 28 °C à 31 °C sur le littoral, de 33 °C à 38 °C dans les Hautes Plaines steppiques et supérieure à 40 °C dans les régions sahariennes (NEDJRAOUI, 2001).

### **I.6. Végétation et étages bioclimatiques :**

En allant du Nord vers le Sud on traverse différents paysages en passant des forêts, maquis et matorrals vers les steppes semi-arides et arides puis vers les écosystèmes désertiques. On distingue suivant les tranches pluviométriques (fig. 6) :



**Figure 6** – Les zones bioclimatiques de l'Est-algérien (MEBARKI, 2005)

- ✓ 1200 – 1800 mm, correspondant à l'étage per humide représenté par des zones restreintes, leurs superficies ne dépassant pas 300 ha, entre 800 et 2000 m d'altitude, situé au niveau de l'Atlas tellien où se développent des espèces endémiques très rares comme *Abies numidica* (le sapin de Numidie) et *Populus tremula* (le tremble) et des forêts à Cèdre (*Cedrus atlantica*) et Chêne liège (*Quercus suber*) ;
- ✓ 900 – 1200 mm, c'est l'étage humide que l'on retrouve dans les régions Nord-Est, dominé en altitude par les forêts à *Cedrus atlantica* et différentes chênaies bienvenues, *Quercus faginea*, *Quercus suber* et *Quercus afares* ;
- ✓ 600 – 900 mm, correspond à l'étage sub-humide qui couvre la partie septentrionale d'Ouest en Est de l'Atlas tellien sur lesquelles se développent les forêts à *Quercus rotundifolia* et *Pinus halepensis* ;
- ✓ 400 – 600 mm, c'est la zone semi-aride supérieure qui correspond aux forêts, maquis et matorrals plus ou moins dégradés des sommets et versants Nord de l'Atlas saharien : *Quercus rotundifolia*, *Callitris articulata* (le thuya) et l'olivier-lentisque sont les plus représentés au Nord-ouest, *Pinus halepensis* en altitude ;

- ✓ 300 – 400 mm, correspond à la zone sub-steppe du semi-aride, caractérisée par la disparition des espèces forestières et l'apparition des espèces steppiques telles que l'armoise (*Artemisia herba alba*), l'alfa (*Stipa tenacissima*) et le sparte (*Lygeum spartum*). Ces terrains considérés comme de bons parcours sont situés sur le versant Sud des Aurès, des Monts des Ouleds Naïls et des Némemchas ;
- ✓ 100 – 300 mm, cette tranche pluviométrique correspond à la région des steppes méridionales arides et pré-sahariennes qui sont caractérisées par une réduction importante du couvert végétal donnant lieu à des parcours médiocres sur des sols squelettiques et ayant atteint un seuil de dégradation très avancé ;
- ✓ < 100 mm correspond à la zone sud de l'Atlas saharien. La végétation est contractée et localisée dans les lits d'oueds. C'est une végétation hygrophile et psamophile fortement adaptée aux conditions xériques et qui présente un très fort taux d'endémisme. On retrouve des pâturages à base d'espèces graminéennes à *Aristida pungens* et *Panicum turgidum* et d'arbustes fourragers tels que les nombreux acacias.

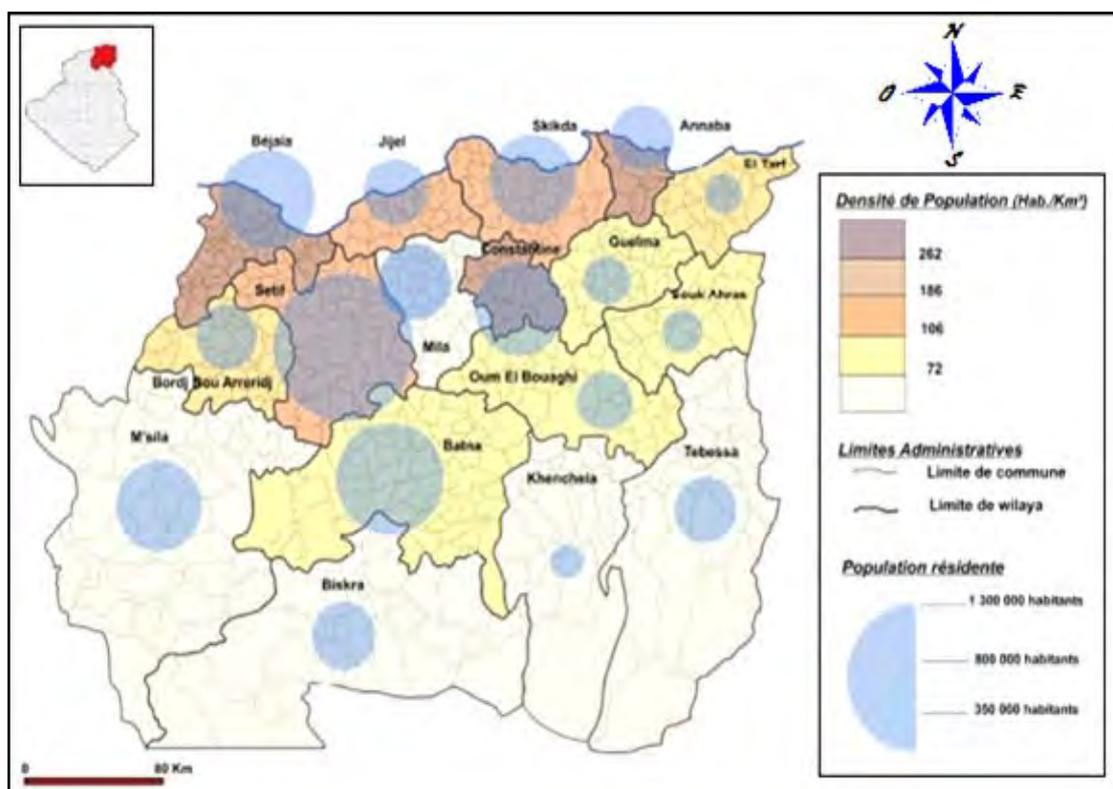
### **I.7. La répartition spatiale des populations :**

Le mode de peuplement est également très hétérogène et se caractérise par une distribution particulièrement contrastée. L'aspect de la distribution de la population par type de dispersion est entrain de prendre une autre forme ; Il présente une tendance vers une concentration très poussée de la population : si 6 personnes sur 10 sont citadines, 8 personnes sur 10 vivent dans des agglomérations toutes tailles confondues ; le traditionnel caractère épars de la population au niveau de l'Est-algérien est entrain de prendre une sérieuse tournure, car ne représentant plus que le cinquième de la population. Les densités de population se caractérisent par un fléchissement systématique du Nord vers le Sud (fig.7).

Les montagnes restent fortement plus peuplées que les plaines que ce soit au Nord ou au Sud de la région. Le Nord tellien concentre le plus de population avec des densités de population qui varient de 200 à plus de 450 hab./Km<sup>2</sup> (cas de la région d'Annaba qui se caractérise par un très fort peuplement).

Les Hautes Plaines présentent deux situations en fonction des conditions bioclimatiques : la partie Nord, se situant le long de la route nationale RN05, avec des densités variantes de 150 à presque 400 hab./Km<sup>2</sup> (la région de Constantine avec 379 hab./Km<sup>2</sup>) est plus peuplée que la steppe où les densités se dégradent fortement et varient de 30 à 50 hab./Km<sup>2</sup>.

Au niveau de l'Atlas Saharien les densités de population sont faibles à moyennes bien inférieures à la moyenne régionale qui est de 96 hab./Km<sup>2</sup> en 1998 ; étant de moins de 33 hab./Km<sup>2</sup> dans les Némemcha, elles n'atteignent que très rarement les 80 hab./Km<sup>2</sup> au niveau de l'ensemble des Aurès. Plus au sud, c'est-à-dire au niveau de la wilaya de Biskra, les densités sont faibles avec une moyenne de 36 hab./Km<sup>2</sup> (RAHAM, 2001).



**Figure 7 – Population et Densité de population par wilaya (Est-algérien)**  
Source RAHAM (2001)

## Chapitre II

# Généralités sur les feux de forêts

## II.1. Origine des feux de forêts :

L'origine d'un incendie est souvent difficile à déterminer du fait de l'absence de preuves matérielles concrètes ; il en résulte que le pourcentage de causes inconnues peut être très important (F. A.O., 2001).

**Tableau 01.** Exemples d'origine des incendies de forêts

<b>Origine des incendies</b>	<b>Exemples</b>
Travaux agricoles	Récolte du miel par fumage, défrichage pour labours, feu pastoral, incinération de végétaux.
Travaux forestiers	Carbonisation (charbonnière), brûlage des rémanents après éclaircie.
Travaux industriels et artisanaux	Brûlage des déchets, étincelles...
Touristes	Pique-nique, mégots
Chasseurs	Battue, campement
Habitations	Feu de jardin, barbecue

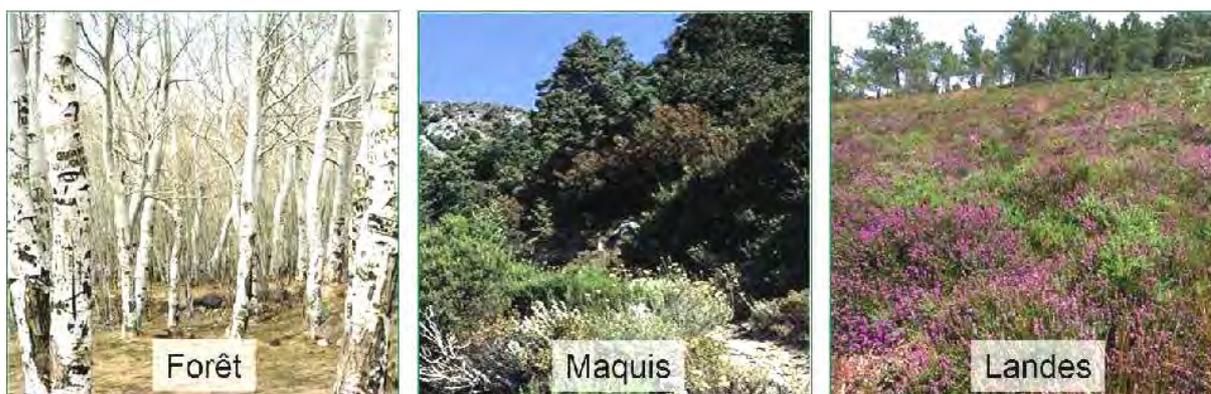
Les risques d'incendies varient encore selon la saison, la chaleur, la sécheresse plus ou moins persistante et la violence des vents ; les causes déterminantes des incendies sont nombreuses :

- **Causes naturelles** : l'unique cause naturelle connue dans le bassin Méditerranéen est *la foudre*.
- **Causes humaines** : elles représentent l'essentiel des origines des incendies de forêts. Globalement, pour l'ensemble des pays du bassin Méditerranéen, on retrouve des causes involontaires et des causes volontaires.
  - *Causes Involontaires (les imprudences et les causes accidentelles)*
  - *Causes Volontaires (la pyromanie et la vengeance)*

## II.2. Qu'est ce qu'un feu de forêt ?

Un feu de forêt est un sinistre qui se déclare et se propage dans des formations, d'une surface minimale d'un hectare pouvant être des forêts ou des formations sub-forestières (*maquis, garrigue et landes*) et qu'une partie au moins des étages arbustifs et/ou arborés (*parties hautes*) soit détruite (fig. 8).

Cette définition n'intègre donc pas les autres feux de l'espace rural et périurbain, c'est-à-dire, les feux de massifs de moins de 1 ha, les feux agricoles, de dépôts d'ordures et autres (SABI, 2010).



*Figure 8 – Les combustibles d'un feu de forêt*

### II.3. Comment se manifeste-t-il ?

La combustion est une réaction d'oxydoréduction rapide et exothermique qui requiert trois éléments : le combustible, le comburant et une énergie d'inflammation. Ce principe est connu sous le nom de triangle du feu (fig. 9) (COURTY, 2012).



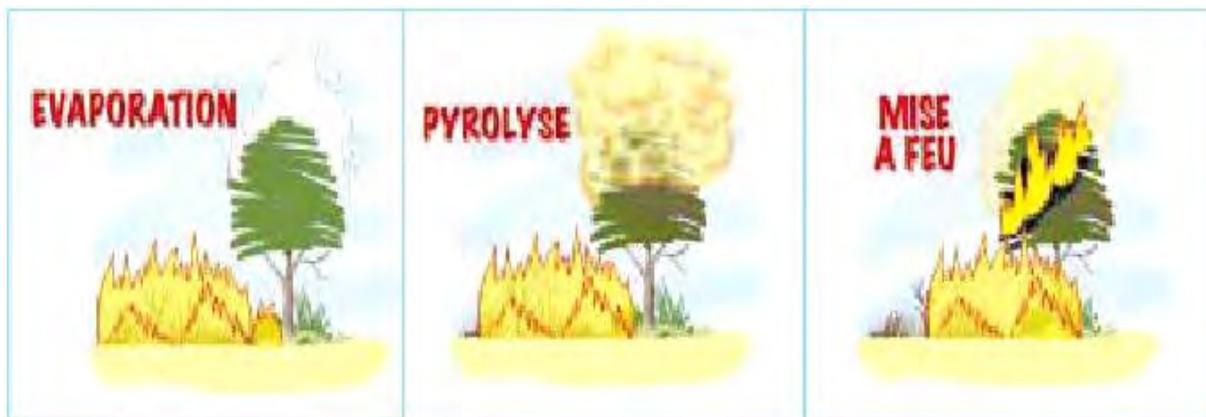
*Figure 9 – Le Triangle du feu*

➤ **Le combustible** (*végétation*) : tous les éléments contenus en forêt susceptibles de brûler (*matière organique*) constituent le combustible forestier. Le complexe combustible réfère à la composition et l'arrangement des combustibles sur le terrain.

➤ **Le comburant** (*l'oxygène de l'air*) : constitue un élément tellement indispensable à l'entretien d'un feu, que même, le combustible le plus inflammable ne saurait brûler rapidement sans un apport suffisant.

➤ **L'énergie (la chaleur)** : c'est la source de l'énergie nécessaire pour amorcer le phénomène de la combustion. Une fois les matériaux sont en ignition, on observe un grand dégagement de chaleur et une forte élévation de température (GAETAN, 2007).

Le processus se décompose en trois étapes : évaporation de l'eau contenue dans le combustible, émission de gaz inflammables par pyrolyse et enfin mise à feu (fig. 10).



*Figure 10 – Les processus de combustion*

#### **II.4. Propagation des feux de forêts :**

Le feu est caractérisé par l'énergie qu'il dégage par rapport au temps, exprimée en Watts, ce qui induit un dégagement de chaleur. L'énergie peut se propager selon quatre modes (BRETON & DUTHEN, 2008).

##### ***II.4.1. Mécanismes de propagation :***

Le mécanisme de propagation du feu se décompose en quatre phases successives :

- Combustion du matériel végétal avec émission de chaleur ;
- Transfert de la chaleur émise vers le combustible en avant du front de feu ;
- Absorption de la chaleur par le végétal en avant du front de flamme
- L'inflammation de celui-ci.

#### II.4.2. Modes de propagation :

En termes de transfert de chaleur, le transfert radiatif et la convection sont essentiellement à l'origine de la propagation de ces incendies. Le rayonnement permet de chauffer ou de préchauffer la végétation en amont du front de flamme. La convection, quant à elle, prend tout son rôle dans le transport des microparticules de flammes dans l'air sous l'action du vent appelées brandons, ainsi que dans l'oxygénisation de la flamme (COLLIN, 2009). (fig. 11).

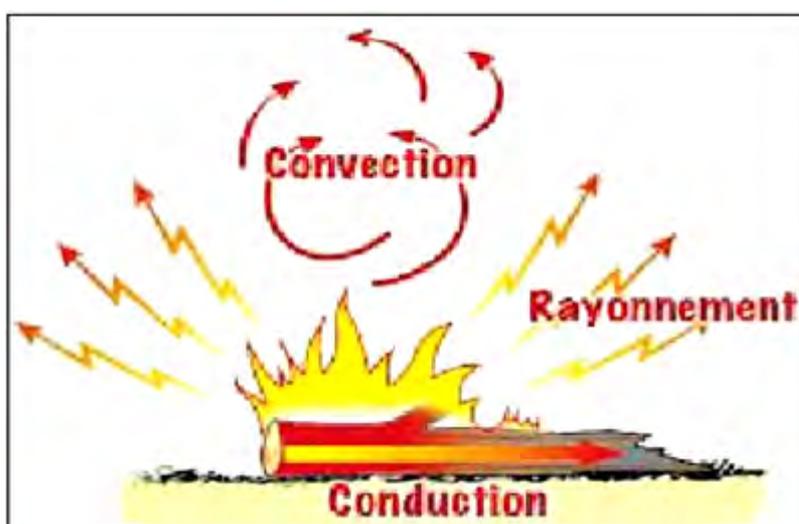


Figure 11 – Les modes de transfert de chaleur

➤ **Conduction** : le mécanisme de conduction est le passage de chaleur par contact direct entre un objet et la source de chaleur. Ce mode de propagation est en général négligé dans la modélisation de feux de forêt. En ce qui concerne la phase solide, le sol et le bois sont de très mauvais conducteurs de chaleur. En ce qui concerne la phase gazeuse, la conduction est négligeable comparée au rayonnement et à la convection, du moins aux grandes échelles (BRUNELLE, 2007).

➤ **Rayonnement thermique** : c'est le principal mode de propagation des feux de forêts, la propagation de l'énergie se fait sous forme d'ondes infrarouges. Lors d'un feu de végétation, le combustible frais en avant du front du feu est aussi chauffé par la chaleur du rayonnement en provenance de la zone en feu. Il faut en particulier distinguer le rayonnement en provenance de la zone en feu dans la strate de végétation du rayonnement en provenance de la zone en feu au-dessus de cette strate.

De même, le vent incline la flamme, ce qui conduit à un apport de chaleur rayonnée plus important au combustible en aval du vent que celui en amont du vent (SABI, 2010).

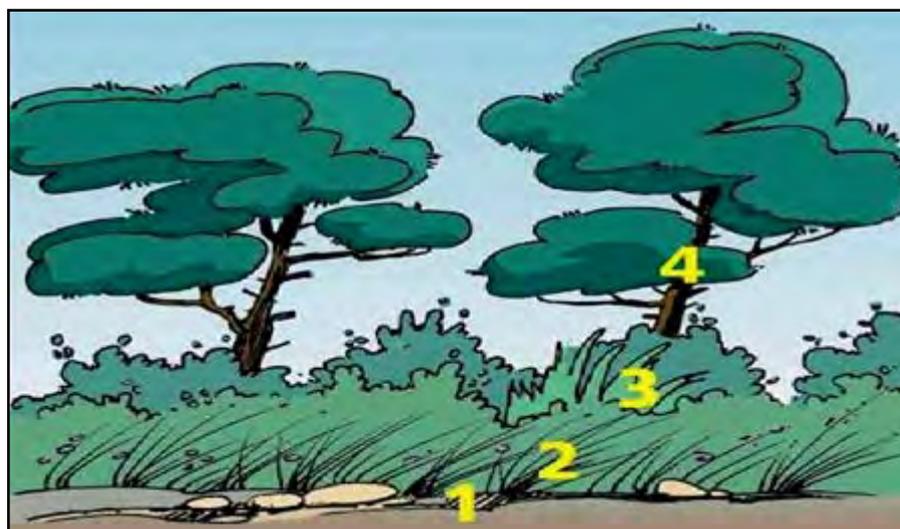
➤ **Convection** : elle correspond au transfert d'énergie grâce au mouvement des masses gazeuses. Les masses d'air chaudes qui proviennent de la zone en feu peuvent en effet contribuer à l'augmentation de la température des végétaux en avant du front. Cette augmentation est due à un échange local de chaleur entre l'air et le végétal (SABI, 2010).

La convection peut être de deux types : naturelle ou forcée. La première est causée par la densité plus faible des substances chaudes, ce qui crée un mouvement vertical. La convection forcée provient de l'advection par les vents (COLLIN, 2009).

## II.5. Les différents types de feux de forêts :

La structure des combustibles influence la combustion, on distingue la macrostructure et la microstructure. La macrostructure est la distribution spatiale horizontale ou verticale des végétaux. On différencie quatre strates verticales (fig. 12) (COURTY, 2012) :

- **la litière**, généralement peu épaisse en région méditerranéenne, très inflammable, elle est à l'origine d'un grand nombre de départs de feux difficiles à détecter, car se consumant lentement.
- **la strate herbacée**, la plus inflammable en été, le vent peut y propager le feu sur de grandes superficies.
- **les ligneux bas**, d'une hauteur inférieure à deux mètres d'inflammabilité moyenne, elle transmet rapidement le feu aux strates supérieures.
- **les ligneux hauts**, d'une hauteur supérieure à deux mètres. Rarement à l'origine d'un feu, elle permet cependant la propagation des flammes lorsqu'elle est atteinte.



1. La litière

2. La strate herbacée

3. Les ligneux bas

4. Les ligneux hauts

**Figure 12** – Les différentes strates végétales

La microstructure correspond quant à elle à l'arrangement spatial des feuilles, aiguilles et branches : son influence est grande sur l'intensité du feu.

De ces types de végétation et selon ses caractéristiques et les conditions climatiques dans lesquelles ils se développent (MARGERIT, 1998), un feu de forêt peut prendre généralement trois types différents (fig. 13) (AMMARI, 2011).

**(a)** Les feux du sol



**(b)** Les feux de surfaces



**(c)** Les feux de cimes



**Figure 13** – Les différents types de feux

➤ **Les feux de sol** : sont des feux qui se propagent dans la litière et l'humus. Ce sont des feux qui sont difficiles à détecter, car ils sont sans flammes. Leur vitesse de propagation est faible. Ces feux peuvent endommager les racines des arbres.

➤ **Les feux de surfaces** : dits aussi feux courants, se propagent dans les sous-bois des forêts. Ils brûlent l'herbe et les broussailles c'est-à-dire la partie supérieure de la litière, la strate herbacée et les ligneux bas. Ces feux sont avec flammes et peuvent se propager rapidement. Ce sont les feux les plus communs. Ils peuvent avoir comme origine un feu de sol ou se terminer en un feu de sol.

➤ **Les feux de cimes** : ces feux brûlent la partie supérieure des arbres (*ligneux hauts*) et forment une couronne de feu. Ils libèrent en général de grandes quantités d'énergie et leur vitesse de propagation est très élevée. Ils sont d'autant plus intenses et difficiles à contrôler que le vent est fort et le combustible sec. Ces feux sont caractéristiques des forêts de conifères (SARDOY, 2007 in COURTY, 2012).

Ces trois types de feu peuvent se combiner ou se produire simultanément (CHETEHOUNA, 2002 in COURTY, 2012).

\* Les feux avec brandons : peuvent se produire. Les braises sont produites par des feux de cimes ou pour certaines conditions de vent et de topographie. Ces braises sont transportées à distance et sont alors à l'origine de foyers secondaires. De tels feux sont très difficiles à contrôler et leur propagation très rapide est très difficile à prédire (fig. 14).



**Figure 14** – Les feux avec brandons

## **II.6. Les facteurs favorisant la propagation des feux de forêts :**

Plusieurs facteurs influencent la vitesse de propagation d'un feu de forêt. Analysons, de manière qualitative pour l'instant, le rôle de ces paramètres.

### ***II.6.1. Le type de végétation :***

Le type de végétation est un facteur qui influence énormément la propagation et ce, pour diverses raisons. Premièrement, chaque espèce végétale possède sa propre température d'inflammation à cause de sa constitution chimique. Puisque dans une forêt, il y a plusieurs types de combustibles présents, on ne regarde pas chaque composante de celle-ci. On effectue plutôt une généralisation en créant différentes classes de forêts, que l'on nomme types de combustibles. Par exemple, les forêts canadiennes sont regroupées en huit classes. Chacune de ces classes correspond à un type de végétation (conifère sec, herbe,...) possédant des caractéristiques similaires. Cela permet, entre autres, de connaître la température d'inflammation moyenne et la chaleur requise pour la combustion.

Le type de combustible affecte aussi la charge de combustible (en  $\text{kg/m}^2$ ), c'est-à-dire la densité surfacique de végétation résultant de sa disposition sur le terrain. Par exemple, dans le cas de la toundra, les plants sont collés les uns aux autres et il y a donc un très bon rayonnement. Lorsque la charge augmente, cela fait croître la chaleur émise par le front de flamme et il y a plus de chaleur disponible pour débiter la combustion de la végétation voisine. Par contre, si la densité surfacique est trop grande, on remarquera que la vitesse diminue. Cela s'explique par le fait que le front ne produit plus suffisamment de chaleur pour enflammer le combustible (BRUNELLE, 2007).

### ***II.6.2. Les facteurs météorologiques :***

Les conditions climatiques de l'année et de celle qui précède sont très importantes, aussi bien les précipitations, les températures, les vents et aussi l'humidité relative (MEGREROCHE, 2005 ; ARFA, 2008).

➤ **La température** : la principale source de chaleur est le soleil, les combustibles exposés au soleil se réchauffent plus rapidement que ceux sous couvert forestier, il peut y avoir jusqu'à 10 °C de différence. La température peut avoir une influence directe par le réchauffement ou le refroidissement des matériaux ou indirecte par la modification du contenu en humidité de l'atmosphère. Pour cette raison, les pics de température sont fortement redoutés du fait de la facilité de combustion de la végétation (BEKDOUCHE, 2010).

➤ **Les précipitations** : la pluie est le facteur climatique le plus important qui influe sur le phénomène d'occurrence des feux. Ce ne sont pas les quantités d'eau tombées qui inhibent le phénomène d'occurrence des feux, mais plus particulièrement leur rythme d'apparition (TRABAUD, 1970a in MEGREROUCHE, 2005).

L'effet des précipitations sur les incendies de forêt dépend de la lame d'eau précipitée et de sa répartition dans le temps. En effet, une faible tranche pluviométrique répartie dans le temps présente un meilleur effet qu'une grande quantité de pluie précipitée en un laps de temps très court.

➤ **L'humidité relative** : l'humidité du combustible est aussi un élément important dans le calcul de la vitesse du front. Elle affecte la chaleur d'inflammation. Pour qu'un objet s'enflamme, il faut qu'il atteigne le seuil de la température d'inflammation. Lorsqu'on parle des combustibles dans la forêt, cette dernière est supérieure à 600 K. Cependant, la température d'ébullition de l'eau est de 373 K. Ainsi, la chaleur est tout d'abord utilisée pour l'évaporation de l'eau et, par la suite, elle sert à augmenter la température du combustible jusqu'à ce que ce dernier commence à brûler. Donc, plus les végétaux possèdent d'eau, plus il leur faudra d'énergie pour qu'ils s'enflamment. C'est la raison pour laquelle il est plus facile de faire brûler un conifère qu'un feuillu (BRUNELLE, 2007).

➤ **Les vents** : le vent favorise la combustion et la propagation en augmentant l'apport en oxygène, en asséchant le combustible, en favorisant le réchauffement du combustible à l'avant du feu, en influençant la direction de propagation du feu et en transportant les étincelles ou autres matières enflammées sur de grandes distances (BEKDOUCHE, 2010).

### II.6.3. Les conditions édaphiques :

Les conditions édaphiques sont essentielles, car la texture des sols, leur structure, la qualité de leur complexe argilo-humique, conditionnent leur aptitude à conserver une réserve hydrique plus ou moins importante, et donc à rendre une espèce végétale moins inflammable alors que la sécheresse climatique sévit (MEGREROUCHE, 2005).

### II.6.4. Les facteurs topographiques :

La topographie est une variable constante, c'est-à-dire qu'elle ne varie pas dans le temps. On peut donc facilement déterminer son influence. Deux principaux paramètres topographiques influent sur les incendies. La *pente* en amplifiant l'effet de radiation et de convection, et *l'exposition* en jouant sur la quantité de chaleur reçue en fonction de l'insolation ainsi que la densité et la structure de la végétation.

Contrairement à ce qu'on pourrait croire, un front de flamme se propage plus rapidement lorsqu'il grimpe une pente que lorsqu'il la descend. Cela est surtout dû au fait que la source de chaleur est plus près du combustible. Cela entraîne un meilleur rayonnement et une meilleure combustion. Il y a aussi une augmentation de la convection. Inversement, lorsque le front descend une pente, il y a perte de chaleur, car il y a un contact moins direct entre le feu et le combustible. Ainsi, le front voyagera moins vite (BRUNELLE, 2007).

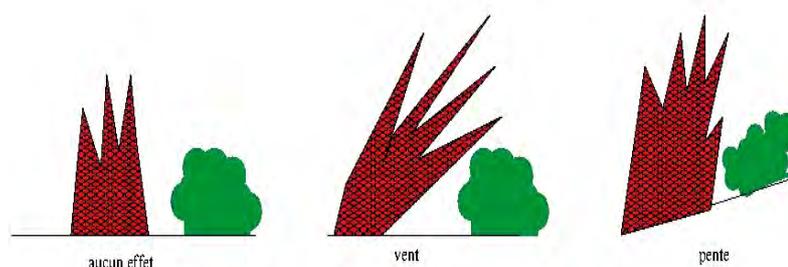


Figure 15 – Facteurs vent et pente

### II.6.5. Les facteurs biologiques :

Il s'agit surtout des formations végétales. La couverture morte, la présence dans la forêt de rémanents, de litières non décomposées, est un facteur important de déclenchement des feux (MEGREROUCHE, 2005) ;

- **Les combustibles forestiers** : les diverses parties végétales, vivantes ou mortes, de différentes tailles et formes constituent des éléments combustibles.
- **La structure des combustibles** : la répartition spatiale du combustible est un facteur primordial agissant sur le comportement du feu. Si le combustible est distribué de façon homogène le feu se propagera facilement et régulièrement, s'il est distribué de façon hétérogène le feu se propagera plus difficilement et pourra même s'éteindre rapidement (TRABAUD, 1974 in MEGREROUCHE, 2005).
- **La compacité d'un combustible** : c'est la quantité de combustible par unité de volume, elle varie beaucoup selon les types du combustible. Les feux brûlent plus rapidement des combustibles peu tassés parce qu'il y a une plus grande circulation d'oxygène donc elle varie selon les espèces.
- **La teneur en eau des végétaux** : la teneur en eau des tissus végétaux, est un autre facteur qui influence le comportement du feu. Plus les végétaux sont gorgés d'eau moins la vitesse de propagation et la quantité d'énergie calorifique dégagée par le feu est élevée. L'inflammabilité des végétaux est, elle aussi, réduite.
- **La composition chimique** : la composition chimique joue aussi un rôle important dans l'inflammabilité et la combustibilité des espèces. Les végétaux lignifiés contiennent environ 35 % de lignine, 55 % de celluloses, 2 à 4 % d'éléments minéraux ainsi qu'une proportion variable de substances volatiles parfois très combustibles (huiles essentielles, résines, terpènes).

## II.7. Les conséquences des incendies de forêts :

Les incendies de forêts ont des conséquences aussi bien sur les vies humaines que sur l'environnement et les biens.

### II.7.1. Conséquences sur l'Homme, les biens et les activités :

Les lieux très fréquentés sont menacés par les incendies de forêt, qu'il s'agisse de zones d'activités, de zones urbaines, de zones de tourisme et de loisirs ou de zones agricoles. Ces divers lieux présentent une vulnérabilité variable selon l'heure de la journée et la période de l'année.

### ***II.7.2. Conséquences sur le milieu naturel :***

Les méthodes économiques actuelles ne permettent pas de quantifier facilement et clairement les conséquences des incendies sur le milieu naturel. On peut cependant les évaluer indirectement.

#### **➤ *Conséquences sur les écosystèmes forestiers :***

Elles sont très variables selon l'intensité du feu et la richesse biologique présente. Les pertes forestières les plus importantes sont enregistrées dans les jeunes futaies. Lorsque les bois peuvent être exploités après le sinistre, leur valeur marchande est considérablement réduite. A la perte financière immédiate, il faut évidemment ajouter la perte de valeur d'avenir. Par ailleurs, la survie des communautés végétales est variable selon les espèces concernées et l'intensité du feu. Un état des lieux est indispensable pour estimer les chances d'une reprise naturelle de la végétation (rejet de souche des feuillus, production de semences pour les résineux).

#### **➤ *Conséquences sur la faune :***

Le bilan sur la faune est très variable selon le type d'incendie et selon les espèces concernées. Les oiseaux échappent assez bien au feu mais ils sont quelquefois victimes des gaz toxiques. Leur mortalité dépend d'un certain nombre de facteurs tels que la période de l'année, les espèces, l'intensité du feu, etc. Le grand gibier est aussi le plus souvent épargné. En revanche, les reptiles, hérissons, etc. échappent difficilement aux flammes. De même que pour la flore, on déplore la perte d'espèces rares.

#### **➤ *Conséquences sur les sols :***

Au niveau du sol le passage d'un incendie peut entraîner une perte en éléments minéraux, en particulier l'azote. Ces pertes sont en partie compensées par les apports liés au matériel végétal qui a brûlé. La destruction de la couverture végétale est également à l'origine de l'augmentation des risques d'érosion et d'inondation due au ruissellement. Le risque d'érosion est particulièrement élevé sur les sols siliceux (minéralisation rapide de la matière organique) et dépend étroitement du régime des précipitations post incendies.

➤ **Conséquences sur les paysages :**

Les conséquences des incendies sur les paysages sont difficiles à évaluer. Leur évaluation fait appel à des critères subjectifs liés à la perception personnelle. Un incendie engendre un impact brutal sur le paysage en provoquant la disparition de la végétation, la substitution de paysages. Cette destruction est perçue à la fois à travers celle des arbres qui représentent un patrimoine long à reconstituer et à travers la perte d'usage qui en résulte. Il est ainsi possible de mettre en œuvre certaines opérations qui visent à réparer l'impact des feux sur le paysage : le reboisement, l'enlèvement des bois calcinés participe à une cicatrisation plus rapide.

## **II.8. Notions d'inflammabilité et de combustibilité :**

Les notions d'inflammabilité et de combustibilité sont généralement utilisées par les forestiers pour caractériser le risque que présente la végétation vis-à-vis du feu.

Selon TRABAUD (1976), *l'inflammabilité* est la propriété à s'enflammer que possède un végétal dès qu'une source de chaleur entre en contact avec lui, elle permet d'évaluer le risque d'éclosion d'incendie, mais aussi la vitesse de propagation potentielle.

Tandis que la *combustibilité* est la manière dont brûlent les végétaux une fois qu'ils sont enflammés, elle permet d'évaluer la part du risque lié à la puissance qu'atteindra un feu. Donc chaque peuplement possède, en fonction de ses constituants et des conditions écologiques locales, sa propre inflammabilité et sa propre combustibilité.

## Chapitre III

# Matériels et Méthodes

### III.1. Objectif de l'étude :

L'étude est basée sur une approche statistique descriptive des données disponibles. Elle repose d'une part sur l'analyse de l'évolution spatio-temporelle des incendies de forêts au niveau de 17 wilayas de l'Est-algérien, et d'autre part elle vise à déceler les tendances générales de cette évolution et en particulier à mettre en évidence s'il y a ou non une aggravation de feux en corrélation avec quelques paramètres climatiques à savoir les précipitations, les températures maximales, l'humidité relative et la vitesse maximale des vents.

### III.2. Collecte des informations sur les incendies :

Les données collectées concernant les incendies de forêt de la région d'étude proviennent des archives et documents internes de la Direction Générale des Forêts et ses Conservations situées au niveau des wilayas qui dépendent du ministère de l'Agriculture et du Développement Rural. Ces données sont disponibles essentiellement sous forme de bilans d'incendies mensuels et annuels, dans des archives au format papier.

Les données recueillies (wilayas, année, mois, formation végétale, nombre de foyers, surfaces incendiées) sur les feux de forêts sont saisies sur ordinateur à l'aide du tableur Excel 2007, qui permet le calcul de moyennes et de pourcentages, du coefficient de corrélation linéaire, ainsi que la création de divers graphiques.

Sur le plan méthodologique, le phénomène incendie de forêts est habituellement caractérisé par trois paramètres, à savoir : la surface brûlée et le nombre de feux, exprime par une moyenne annuelle ou une somme pour une période donnée, auxquels on adjoint souvent la surface unitaire par feu (ou feu moyen), qui est le rapport des deux premiers et surtout un indicateur de la gravité relative des incendies.

Cependant, comme le soulignent ALEXANDRIAN & ESNAULT (1998), les longues séries statistiques doivent être interprétées avec prudence, car le contexte forestier a pu évoluer de manière significative, des événements politiques ont pu également affecter le pays et modifier la façon de comptabiliser les feux.

### III.3. Les paramètres d'analyses climatiques :

Notre zone d'investigation est comprise entre la mer Méditerranée au nord et le Sahara au sud, autant sur le plan topographique que climatique. De ce fait, elle est soumise à des contrastes climatiques appuyés, passant de l'humide à l'aride avec des nuances géologiques et altimétriques remarquables.

#### III.3.1. La localisation géographique des stations :

Le réseau météorologique de la région d'étude n'est pas dense, il reste ossature comme sur toute l'Algérie (fig.16). La disponibilité des données météorologiques et la représentativité des stations, nous ont amené à sélectionner onze (11) d'entre elles, dont la distribution est, relativement, homogène (25 ans, au moins de données continues). Ces stations ont été choisies selon les normes préconisées par l'OMM (organisation mondiale de la météorologie).



*Figure 16 – Localisation des stations météorologique (modifiée)*

La région d'étude a été subdivisée, du nord au sud, en quatre ensembles topographiques, chacun représentant une unité géographique bien définie. La subdivision s'est faite sur la base de :

- ✓ *Critères topographiques* : les stations d'un ensemble offrent le même profil topographique.

- ✓ *Critères climatiques* : les stations d'un groupe appartiennent toutes à la même trame climatique.
- ✓ *Critères statistiques* : les coefficients de corrélations entre les paramètres des différentes stations devant être élevés et significatifs.

Cette subdivision nous a permis d'obtenir, du nord au sud, les ensembles du tableau suivant.

**Tableau 02.** Caractéristiques générales des principaux ensembles topographiques (Est-algérien).

<i>Domaines</i>	<i>Ensembles</i>	<i>Précipitations</i>	<i>Stations représentatives</i>
Humide et sub-humide	Plaines côtières et le versant nord de l'atlas tellien	> 600 mm/an	<i>Jijel, Béjaïa, Skikda, Annaba, El Taref.</i>
Semi-aride	Plaines intérieures	400 > P < 600 mm/an	<i>Constantine, Guelma, Souk Ahras.</i>
Aride	Hautes plaines et l'Atlas Saharien	< 400 mm/an	<i>Batna, O.E.B, Khanchela, Tébessa. Sétif, B.B.A, M'sila</i>
Désertique	Sahara	< 100 mm/an	<i>Biskra.</i>

Le tableau ci-après présente chaque ensemble, avec ses différentes stations, leurs coordonnées géographiques, et leurs altitudes.

**Tableau 03.** Présentation des stations météorologiques de la région d'étude (KASBADJI, 1999)

<i>Stations</i>	<i>Latitude</i>	<i>Longitude</i>	<i>Altitude</i>	<i>Remarque</i>
<b><i>Stations du littoral</i></b>				
<i>El Kala</i>	36° 90'	08° 45'	13 m	Données disponibles (2001 – 2012)
<i>Annaba</i>	36° 82'	07° 82'	08 m	/
<i>Skikda</i>	36° 88'	06° 90'	07 m	Arrêt d'un semestre (2004)
<i>Bejaïa</i>	36° 72'	05° 60'	03 m	Arrêt de la station (2002)
<i>Jijel</i>	36° 80'	05° 78'	02 m	
<b><i>Stations de Plaines intérieures</i></b>				
<i>Constantine</i>	36° 10'	06° 62'	694 m	/
<i>Souk Ahras</i>	36° 28'	07° 95'	680 m	Transfert de la station (1995)
<i>Guelma</i>	36° 47'	07° 43'	228 m	Données disponibles (2001 – 2012)
<b><i>Stations de contact (Hautes Plaines – Atlas Saharien)</i></b>				
<i>Batna</i>	35° 55'	06° 18'	1052 m	/
<i>Sétif</i>	36° 18'	05° 25'	1038 m	Station active depuis 1981
<i>Khanchela</i>	35° 64'	07° 15'	987 m	Données disponibles (2001 – 2012)
<i>B.B.Arréridj</i>	36° 07'	04° 67'	930 m	Station active depuis 1980
<i>O.E.B</i>	35° 87'	07° 11'	891 m	Données disponibles (2001 – 2012)
<i>Tébessa</i>	35° 42'	08° 12'	813 m	Arrêt de la station des T° (1987)
<i>M'sila</i>	35° 67'	04° 50'	442 m	/
<b><i>Station du désert</i></b>				
<i>Biskra</i>	34° 80'	05° 73'	87 m	/

### III.3.2. Sources et documents :

Des données d'observation couvrant une courte période, n'ont généralement aucune valeur significative (sauf dans les régions équatoriales et dans certains déserts). La variabilité des paramètres du temps, d'une saison ou d'une année à une autre, est telle qu'il est nécessaire de disposer de séries d'observations longues pour pouvoir en tirer des indications climatiques valables. Il faut un minimum de 30 ans, pour qu'une étude climatique soit caractéristique d'une région (recommandations de l'OMM). Cela est indispensable, non seulement pour connaître les caractères du climat, mais aussi pour apprécier les cycles de renouvellement d'une situation donnée, par exemple : risque de gelées printanières, longues périodes de sécheresse, etc.

Dans notre cas, les séries sont relativement homogènes et couvrent une période de 28 ans pour toutes les stations (de 1985 à 2012), à l'exception d'Oum El Bouaghi, Guelma, El Kala, Khanchela qui ont 12 ans chacune (de 2001 à 2012).

Les postes climatologiques ne mesurant pas tous les paramètres utiles à l'étude, nous avons eu recours, alors, aux séries les plus complètes des stations principales, fournissant tous les paramètres :

- ✓ les précipitations mensuelles en mm.
- ✓ les températures moyennes mensuelles en °C
- ✓ les températures moyennes mensuelles des minima en °C
- ✓ Les températures moyennes mensuelles des maxima en °C.
- ✓ L'humidité relative moyenne en %.
- ✓ La vitesse du vent en km/h.

Pour être utilisables, les observations doivent être aussi exactes que possibles, comparables les unes aux autres (donc synchrones) et réalisées dans les mêmes conditions. Néanmoins, on n'est pas à l'abri des erreurs :

\* les unes systématiques : elles sont relatives aux défauts des appareils de mesure ou aux conditions de leur fonctionnement ;

\* les autres humaines : liées aux conditions dans lesquelles sont relevées les observations ; appareils mal placés, erreurs de lecture ou de calcul...

### ***III.3.2.1. Les températures :***

La température représente un facteur limitant de toute première importance car, elle contrôle l'ensemble des phénomènes métaboliques et conditionne, de ce fait, la répartition de la totalité des espèces et des communautés d'êtres vivants dans la biosphère (RAMADE, 1984).

La température de surface est, par convention, la température observée sous un abri météorologique dans lequel le volume est bien ventilé et où les thermomètres sont protégés du rayonnement direct et du contact avec les précipitations. Le plancher de l'abri est, en général, au moins à 1,20 m au-dessus du sol, c'est-à-dire, à un niveau où le gradient thermique vertical présente des variations plus faibles qu'au ras du sol. Les variations qui peuvent être rencontrées au contact du terrain, sont au moins, de l'ordre de un degré par mètre ( $1\text{ }^{\circ}\text{C/m}$ ), mais le gradient décroît brusquement, entre 1 à 2 m de hauteur, en prenant des valeurs seulement de l'ordre de  $1\text{ }^{\circ}\text{C}$  pour quelques dizaines de mètres (EMSELEM, 1970).

Pour caractériser ce paramètre, il faut définir plusieurs variables : la moyenne mensuelle des maxima (M), la moyenne mensuelle des minima (m), la moyenne mensuelle  $(M+m/2)$  et l'amplitude thermique  $(M-m)$ .

#### ***III.3.2.1.1. Critique des données :***

Toutes les données météorologiques exploitées sont issues des bulletins climatiques mensuels (B.C.M) de l'ONM Constantine, sur la base desquelles les moyennes annuelles de la période 1985 à 2012 ont été calculées pour chaque station et pour l'ensemble des paramètres nécessaires à notre recherche.

La majorité des stations traitées présentent des lacunes dans la série d'observations (1985 – 2012). Ces lacunes mensuelles ou annuelles sont inhérentes, soit au transfert de la station d'observation (celle de Souk Ahras en 1985), soit aux pannes des instruments exploités (Bejaia en Juin 2002).

III.3.2.1.2. Comblement des températures :

Pour combler les séries d’observations, nous avons eu recours à la méthode de la régression linéaire. Pour que cette méthode soit efficace, il faut que la régression soit linéaire et les variables confrontées suivent une *loi Normale*.

On estime la variable Y à partir de la variable X par l’équation de la droite suivante.

$$Y = aX + b$$

Y : la valeur à estimer  
a : la pente de la droite

X : la valeur estimée  
b : une constante.

Le comblement des lacunes dans les séries d’observations est impératif et doit être conforme à la méthode précitée. Le degré de corrélation, le profil et la distance entre la station homogène et la station à homogénéiser doivent être pris en considération.

Le tableau suivant résume les coefficients de corrélation entre les différentes stations.

**Tableau 04.** Les coefficients de corrélation entres les différentes stations principales.

	Batna	Bejaïa	Biskra	Tébessa	Jijel	Sétif	Skikda	Annaba	Constantine	M’sila	BBA
Batna	<b>1</b>										
Bejaïa	0,876	<b>1</b>									
Biskra	0,976	0,870	<b>1</b>								
Tébessa	0,980	0,295	0,415	<b>1</b>							
Jijel	0,818	0,934	0,809	0,818	<b>1</b>						
Sétif	0,978	0,895	0,984	0,983	0,830	<b>1</b>					
Skikda	0,828	0,972	0,803	0,820	0,927	0,836	<b>1</b>				
Annaba	0,879	0,967	0,873	0,884	0,908	0,900	0,949	<b>1</b>			
Constantine	0,979	0,918	0,974	0,982	0,859	0,990	0,875	0,922	<b>1</b>		
M’sila	0,948	0,835	0,963	0,945	0,791	0,961	0,773	0,825	0,943	<b>1</b>	
BBA	0,963	0,875	0,974	0,968	0,801	0,988	0,809	0,873	0,973	0,959	<b>1</b>

Le comblement des données se fait à partir de l’équation suivante :

$$Y = Y' + \frac{rSy}{Sx} * (X - X')$$

Soit :

$Y$  : variable à expliquer ;

$Y'$  : moyenne observée de la série homogène de la station incomplète ;

$r$  : coefficient de corrélation entre  $X$  et  $Y$  estimé à partir des séries communes de  $X$  et  $Y$

$S_y$  : écart-type de  $Y$  estimé d'après la série d'observation de  $Y$  ;

$S_x$  : écart-type de  $X$  d'après la même série d'observation ;

$X$  : variable explicative connue ;

$X'$  : moyenne de  $X$  estimée à partir de la même période observée simultanément dans la station complète.

Exemple :

La série d'observations de la station d'Oum El Bouaghi a été contrôlée à partir de la station de Tébessa. En effet, les deux stations dont l'altitude est la même présentent un coefficient de corrélation très élevé et significatif.

Le mois de Juin de l'année 1985 présente des lacunes à Oum El Bouaghi, le calcul de la valeur recherchée de ce mois de 1985 s'écrit :

$X = 23,98$  °C : la moyenne de la température des mois de Juin pour toute la période (1985 – 2012) à la station de Tébessa.

$X' = 23,89$  °C : la moyenne de la série homogène commune entre les deux stations (2001 – 2012) à la station de Tébessa.

$S_x = 3,74$  : écart-type pour la station de Tébessa.

$Y' = 24,79$  : moyenne de la série homogène (2001 – 2012) à Oum El Bouaghi.

$S_y = 3,96$  : écart-type pour la station de Oum El Bouaghi.

$r = 0,97$  : coefficient de corrélation entre les deux stations.

$$Y = 24,79 + \frac{0,97 * 3,96}{3,74} * (23,98 - 23,89) = 24,88 \text{ °C}$$

L'estimation des valeurs inconnues à partir de la méthode de la régression linéaire est très satisfaisante pour les variables continues comme les températures, car celles-ci suivent une distribution normale. Cependant, pour les variables discontinues, comme les précipitations et les jours de pluie, la régression linéaire exprime des valeurs moins pertinentes.

A) *Les températures moyennes annuelles :*

Le but de l'étude des variations de températures moyennes annuelles, de 1985 à 2012 est de caractériser l'évolution générale du climat durant cette période dans la région d'investigation.

\* Pour les stations du littoral : la température moyenne de toute la série est respectivement de 17,91 ; 17,78 et 18,62 °C pour Annaba, Béjaïa et Skikda. Ces températures diffèrent légèrement d'une station à une autre, la station de Skikda représentant la moyenne la plus élevée (0,71 °C entre Annaba et Skikda et 0,84 °C entre Béjaïa et Skikda).

L'évolution générale des températures moyennes annuelles, durant la période 1985 - 2012, est quasiment identique pour les trois stations. Elle est caractérisée par des fluctuations d'un rythme cyclique (trois à quatre années inférieures, trois à quatre années supérieures) où les moyennes annuelles dépassent la moyenne des séries (17,85 °C) avec des pics respectifs de 18,78 ; 18,54 et 19,50 pour Annaba, Béjaïa et Skikda (Fig. 17).

\* Pour les stations des plaines intérieures : la température moyenne de toute la série pour Constantine, Guelma et Souk-Ahras est respectivement de 23,01 ; 17,96 et 16,01 °C. L'évolution des températures moyennes annuelles durant la période (1985 – 2012) est quasiment identique à Guelma et Souk Ahras.

Pour la station de Constantine, avant 1997, les moyennes annuelles ne dépassent pas la moyenne des séries. De 1997 à 2011, on a remarqué une période chaude où les températures moyennes annuelles sont supérieures à la moyenne des séries.

\* Dans la région des hautes plaines : Tébessa, Batna, Sétif et Bordj Bou Arréridj, on observe respectivement des moyennes de 16,28 ; 15,36 ; 14,50 et 15,55 °C. Les deux premières stations présentent, quasiment, la même évolution. Une année sur deux pour les stations de Sétif et Biskra et trois à quatre années pour la station de Bordj Bou Arréridj.

Nous remarquons que les températures moyennes annuelles ne dépassent pas la moyenne des séries.

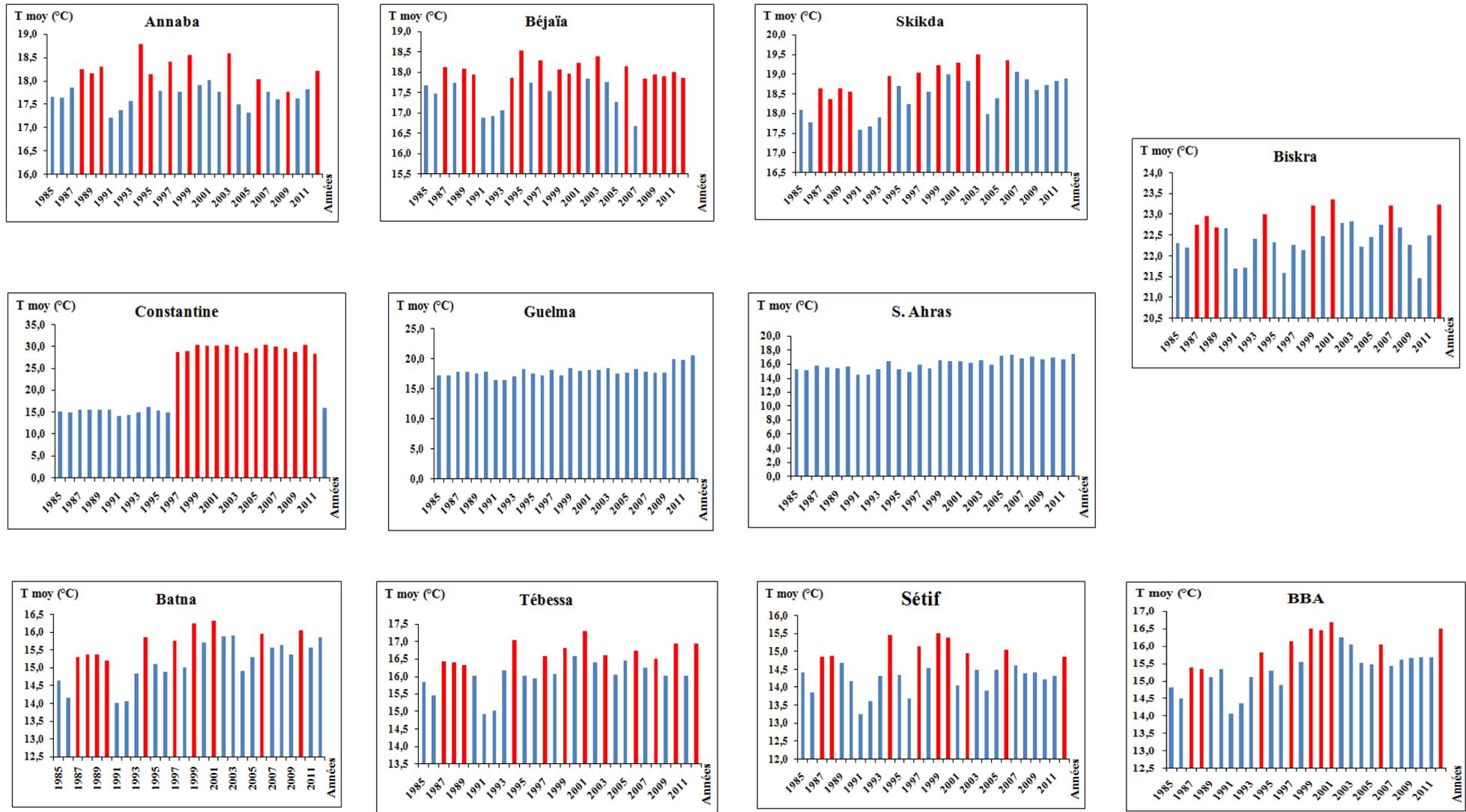


Figure 17 – Evolution des températures moyennes annuelles (°C) pour la période (1985 – 2012)

*B) L'amplitude thermique :*

C'est l'écart entre la température du mois le plus chaud et celle du mois le plus froid de l'année. Le tableau suivant résume les moyennes des amplitudes thermiques des différentes stations.

**Tableau 05.** L'amplitude thermique des stations de l'Est-algérien en (°C).

Stations	Annaba	Béjaïa	Skikda	Constantine	Guelma	S. Ahras	Batna	Tébessa	Sétif	B.B. Arréridj	Biskra
Amplitude	14,70	14,60	13,90	20,70	18,00	18,90	21,10	20,50	21,00	21,30	22,80

Les amplitudes thermiques des stations côtières varient de 13,90 à 14,70 °C. Quant à celles des plaines intérieures, elles sont respectivement de 18,00 ; 18,90 et 20,70 °C pour Guelma Souk Ahras et Constantine. En ce qui concerne les hautes plaines, les amplitudes sont de 20,50 ; 21,00 ; 21,10 et 21,30 pour Tébessa, Sétif, Batna et B.B. Arréridj.

Nous remarquons que l'amplitude thermique augmente au fur et à mesure que l'on s'éloigne de la mer, variant d'une moyenne de 14,30 °C pour le littoral à 19,20 °C pour les plaines intérieures à 20,90 °C pour les hautes plaines et enfin à 22,8°C pour le désert. Ces résultats confirment la forte influence de la continentalité sur l'amplitude thermique et le fort contraste thermique entre le Nord et le Sud de la région.

**III.3.2.2. Les précipitations :**

Les précipitations ont un rôle très important en région méditerranéenne. Elles sont caractérisées par leur régime irrégulier et leur répartition inégale.

Les connaissances sur les précipitations de l'Est-algérien sont partielles et très dispersées. Il s'agit d'un régime méditerranéen avec une décroissance rapide des pluies du Nord vers le Sud, à climat humide à aride puis désertique.

III.3.2.2.1. Critique des données :

Comme nous l'avons précisé, notre étude est basée sur l'analyse de la série de données fournies par l'ONM, sur une période de 28 ans (1985 – 2012). Certaines stations présentent des lacunes mensuelles ou annuelles dans ces séries d'observations à savoir ; O.E.B, Guelma, M'sila, Souk Ahras. Ces défaillances nous ont amené à recourir aux corrections des erreurs et au comblement des lacunes.

III.3.2.2.2. Corrections des précipitations :

Le comblement des lacunes repose sur des modèles statistiques. Ainsi, la correction de la pluviométrie mensuelle est faite sur la base de la méthode dite des 'rapports'. La correction des valeurs des couples par la méthode dite de double cumul est indispensable. Pour que cette méthode soit efficace, il faut que les couples appartiennent aux mêmes ensembles et que leurs conditions climatiques et géographiques soient très proches (même altitude, même latitude...etc.).

*A) La méthode des rapports :*

C'est le rapport entre les valeurs pluviométriques précipitées, au cours d'un mois lacunaire donné d'une station et dont la série ou le mois est le même dans les stations voisines. La correction des totaux mensuels des pluies dans ces stations peut se faire en appliquant la fonction :

$$Y = aX$$

Où :

$Y$  : valeur pluviométrique mensuelle inconnue à la station lacunaire B ;

$X$  : valeur correspondante enregistrée pendant le même mois à la station A de référence ;

$a$  : constante d'ajustement estimée par le rapport des données de précipitations observées dans une même série commune aux stations.

Soit :

$$a = \frac{P(B) \text{ en mm}}{P(A) \text{ en mm}}$$

Exemple :

Deux stations côtières voisines ; Annaba (A) et El Kala (B). L'ajustement de la station (B) à partir de la station (A) pour le mois d'octobre 2000, s'effectue de la manière suivante : le total des précipitations du mois considéré pendant la même série est égal à :

P (mm) A = 645,68 et P (mm) B = 577,09.

Donc :

$$a = \frac{577,09}{645,68} = 0,89$$

La hauteur des précipitations observées au mois d'octobre 2000 à Annaba est de 184 mm ; la valeur correspondante à El Kala est égale à :

$$Y = 0,89 \times 184 = 96,49 \text{ mm.}$$

*B) Le contrôle des totaux annuels des précipitations :*

La méthode dite des doubles cumuls, consiste à mettre en corrélation les totaux annuels cumulés de la station de référence avec ceux de la station à contrôler. La station de référence étant celle qui possède la série d'observation la plus longue et la plus homogène.

3.2.2.3. La variabilité spatiale et temporelle des précipitations :

*A) La variabilité intra- annuelle :*

En général, la distribution des précipitations est marquée par une diminution des hauteurs du littoral vers les plaines intérieures et des plaines intérieures vers les hautes plaines et le désert. Ce gradient Nord/Sud caractérise le retrait de l'influence maritime et l'établissement des influences continentales au fur et à mesure que l'on pénètre à l'intérieur du pays (Fig. 18).

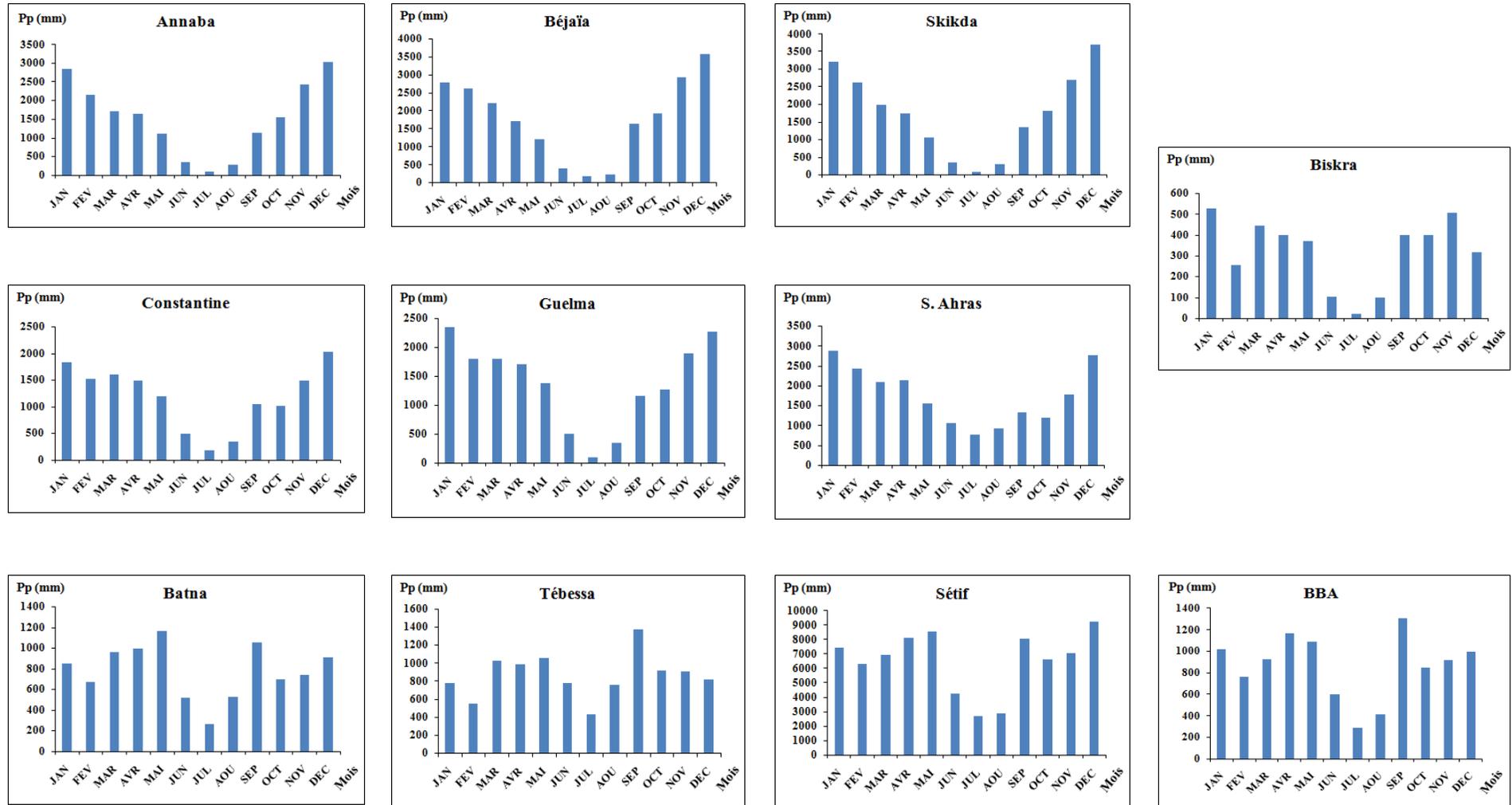


Figure 18 – Variations intra-annuelles des précipitations (mm) pour la période (1985 – 2012)

La variation intra-annuelle est caractérisée par les mêmes tendances dans toutes les stations du littoral et des hautes plaines intérieures. Les précipitations les plus importantes sont enregistrées aux mois de Décembre et Janvier. Le mois le plus sec est le mois de Juillet pour toutes les stations.

En ce qui concerne les stations des hautes plaines, il ressort une répartition des pluies mensuelles très irrégulière au cours d'une année, sur l'ensemble des stations. En ordre décroissant, les mois pluvieux sont : Septembre, Mars, Avril et Mai pour les stations de Tébessa, Batna et BBA. Pour Sétif, les mois les plus humides sont : Décembre, Janvier, Avril, Mai et Septembre et le mois le plus sec pour ces quatre stations et le mois de Juillet.

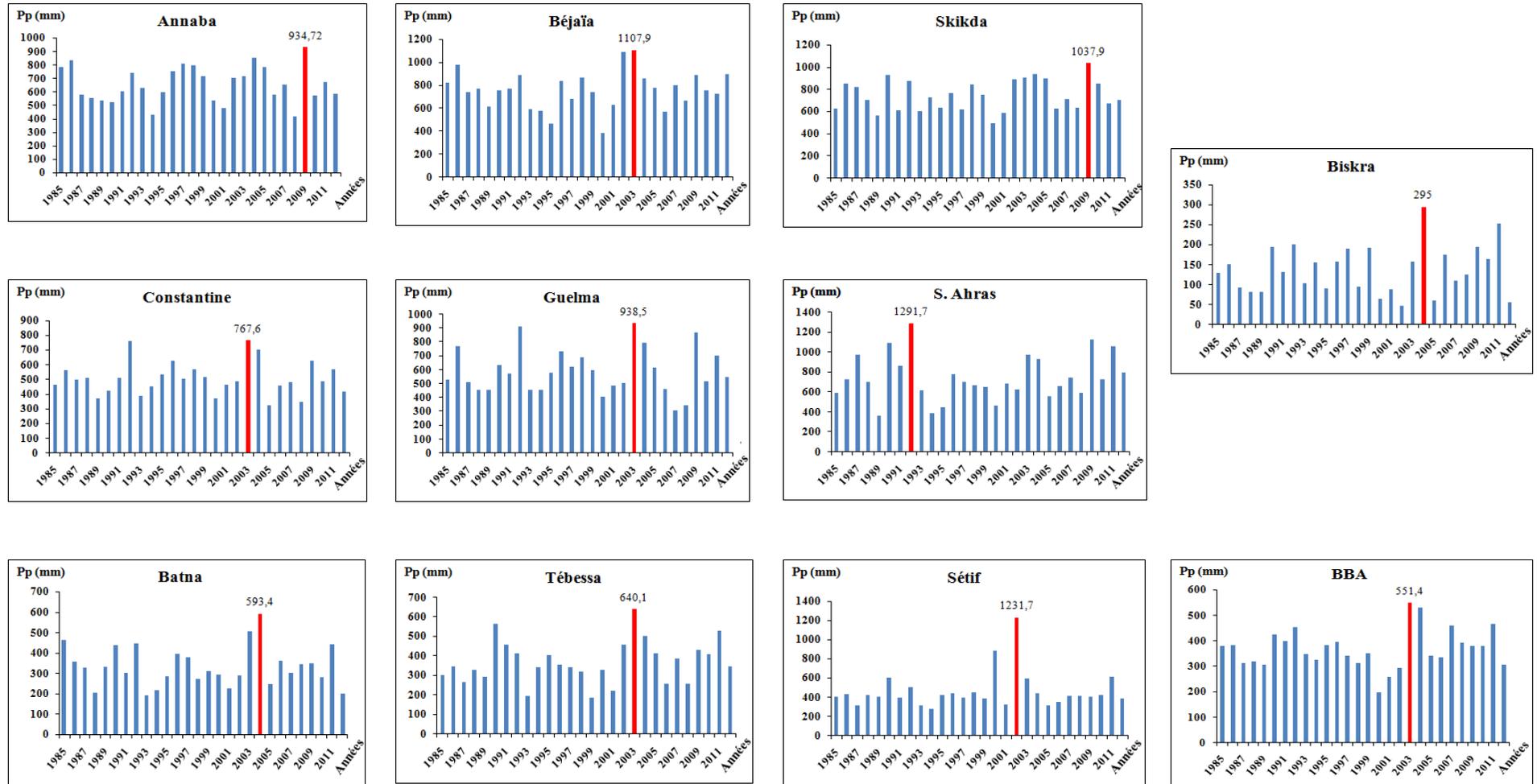
Pour la station de Biskra, la répartition des précipitations est tout aussi irrégulière que dans les autres stations. Les mois les plus humides sont : Novembre, Janvier, Mars, Avril avec un maximum de 525 mm en Janvier et un minimum de 21,2 mm en Juillet.

#### *B) La variabilité interannuelle :*

Nous remarquons qu'il existe des irrégularités importantes dans la variation des précipitations au cours de la période 1985 – 2012. L'évolution générale se présente en dents de scie (Fig. 19).

Au littoral, les années les plus humides sont 2003 pour Béjaïa et 2009 pour Annaba et Skikda avec des pics respectivement 1107,9 ; 934,7 et 1037,9 mm. L'année la plus sèche est 2008 pour Annaba (418,1 mm), 2000 pour les deux stations Béjaïa et Skikda avec respectivement : 382,2 et 491,7 mm.

Pour les plaines intérieures et les hautes plaines ; la tendance est, globalement, la même. Pour Constantine, Guelma, Tébessa, Sétif et BBA, l'année la plus pluvieuse est 2003 avec respectivement : 767,6 ; 938,5 ; 640,1 ; 1231,7 et 551,4 mm. En ce qui concerne Batna et Biskra, l'année la plus humide est 2004 avec respectivement : 593,4 et 295 mm.



*Figure 19 – Variations interannuelles des précipitations (mm) au cours de la période (1985 – 2012)*

### III.3.3. Synthèse climatique :

#### III.3.3.1. Climagramme ombrothermique de GAUSSEN :

Le digramme ombrothermique s'exprime lorsque  $P = 2T$ , qui permet de calculer la durée de la saison sèche, il est largement utilisé pour sa simplicité et son efficacité. De ce fait, les stations de littoral et les plaines intérieures sont caractérisées par une période sèche de 7 mois qui s'étale du mois d'Avril jusqu'au mois d'Octobre et une période humide de 5 mois ; Novembre à Mars (Fig.20).

Pour les stations des hautes plaines et du désert, la période sèche débute dès le mois de Mai jusqu'à Octobre soit 6 mois et une période humide de 6 mois (Novembre à Avril).

#### III.3.3.2. Climagramme d'EMBERGER :

Le quotient pluviométrique, qui est un rapport entre les précipitations annuelles et la température annuelle moyenne, permet une classification bioclimatique des milieux (fig.21). Il s'exprime de la manière suivante :

$$Q_3 = 3,43 \times \frac{P}{M-m}$$

Où :

**P** : précipitation annuelle en mm ;

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

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

Le tableau suivant résume le quotient pluviométrique de chaque station d'étude

**Tableau 06.** Le quotient pluviométrique des stations d'étude (période : 1985 – 2012)

	Annaba	Béjaïa	Skikda	Constantine	Guelma	S. Ahras	Batna	Tébessa	Sétif	B.B. Arréridj	Biskra
<b>Q<sub>3</sub></b>	90,50	106,30	124,40	54,38	63,40	85,10	32,30	37,80	48,50	38,70	14,20
<b>m</b>	6,85	7,60	8,85	2,42	4,57	3,40	0,10	1,73	1,00	1,82	6,87

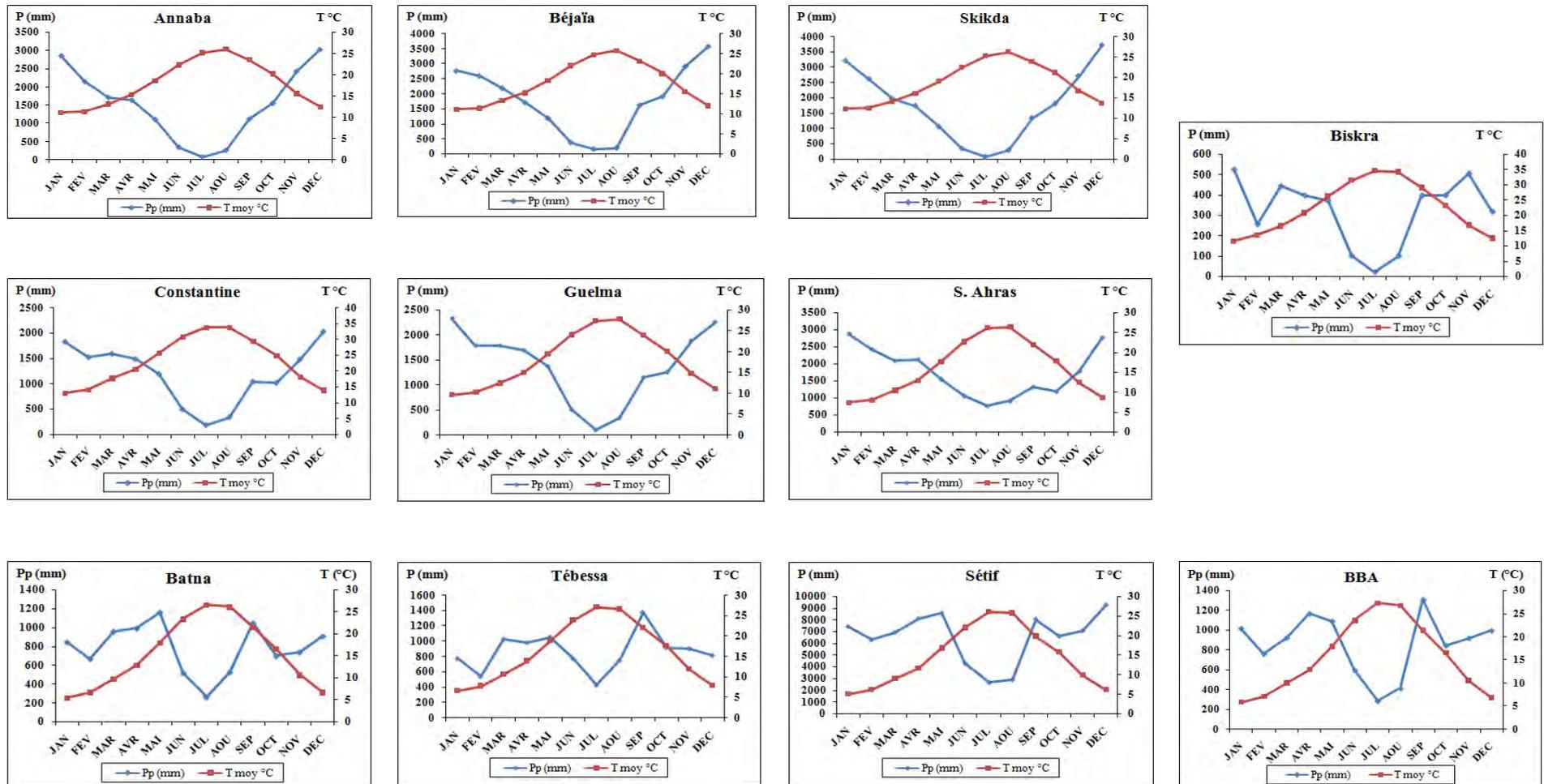


Figure 20 – Diagrammes Ombrothermiques de GAUSSEN pour chaque station d'étude

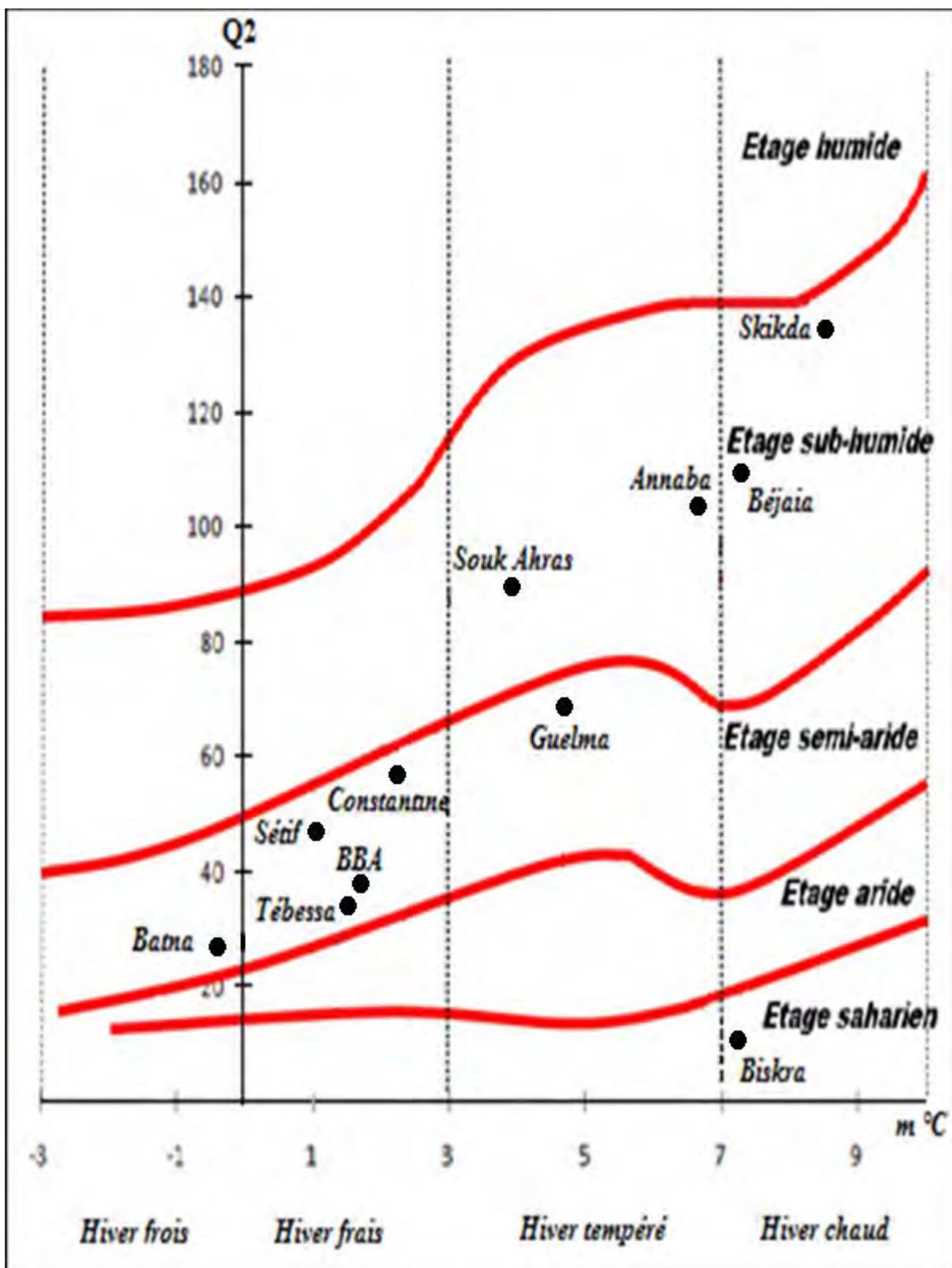


Figure 21 – Climagramme d'EMBERGER des stations d'études

Maintenant, il faut chercher la relation ou la corrélation entre le climat et les feux de forêt (cœur de la problématique).

### **III.4. L'analyse statistique :**

#### ***III.4.1. Corrélation linéaire (coefficient $r$ de Pearson) :***

Les tests de corrélations entre variables ont été effectués à l'aide du logiciel Xlstat-Pro-7.5. La corrélation mesure la relation entre deux variables ou plus. Le coefficient de corrélation utilisé est le coefficient  $r$  de *Pearson*, également appelé coefficient de corrélation linéaire. Les coefficients de corrélation sont compris dans l'intervalle  $[-1,00$  à  $+1,00]$ . Les valeurs  $-1,00$  et  $+1,00$  représentent une parfaite corrélation négative ou positive et la valeur  $0,00$  représente une absence de corrélation ou l'indépendance entre les variables.

#### ***III.4.2. Analyse en composante principale (ACP) :***

Une des méthodes d'analyse factorielle est l'analyse en composante principale (ACP). Cette analyse traite de tableaux croisant les individus (échantillons) et les variables numériques qui caractérisent ces individus. Elle permet d'effectuer la synthèse de l'information contenue dans un grand nombre de variables grâce à l'obtention de « composantes principales » : nouvelles variables, indépendantes, combinaisons linéaires des variables initiales possédant une variance maximale. Les composantes principales autorisent la représentation graphique de grands tableaux de données trop complexes à décrire par les méthodes graphiques habituelles. Il est possible d'y observer, au sens propre du terme, des regroupements, des oppositions, des tendances directionnelles, impossible à discerner sur un grand tableau de nombres même après un examen prolongé (FALISSARD, 1996 in ALBRECHT, 2007). Les ACP ont été effectués à l'aide du logiciel Xlstat-Pro-7.5.

#### ***III.4.3. Analyse de la variance à un critère de classification (ANOVA) :***

Le test d'analyse de la variance à un critère de classification (AV1) a été utilisé pour comparer les moyennes de la fréquence de feux mensuelles avec celles des paramètres climatiques en particulier les températures maximales de l'ensemble des 15 wilayas au cours des 28 ans (1985 – 2012).

## Chapitre IV

# Résultats et Discussions

## IV.1. Bilan des incendies de forêts :

### Introduction :

La forêt algérienne apparaît comme une formation végétale ligneuse, dont les terres forestières occupent 4 115 908 hectares (soit 16,70 % en Algérie du Nord). Elles sont constituées à 58 % de maquis arborés, alors que les forêts et reboisements ne couvrent que 42 % du total des formations forestières. Les nappes alfatières concernent 1 974 018 ha (BNEDER, 2009). Les principales essences forestières sont citées dans le tableau 7.

**Tableau 07.** Surfaces des principales essences forestières en Algérie (MEDDOUR-SAHER, 2012)

<i>Essences</i>	<i>Surface (ha)</i>	<i>%</i>
Pin d'Alep	1 158 533	68
Chêne liège	349 218	21
Chêne zèen	43 922	03
Cèdre	32 909	02
Eucalyptus	29 355	02
Pin maritime	28 490	01
Divers	68 391	04

Les incendies de forêt sont une perturbation et un danger naturel majeurs dans de nombreuses régions et écosystèmes, que ce soit par leur influence sur la composition des essences et la couverture forestière ou la menace qu'ils représentent pour les sociétés humaines (BOWMAN et *al.*, 2009).

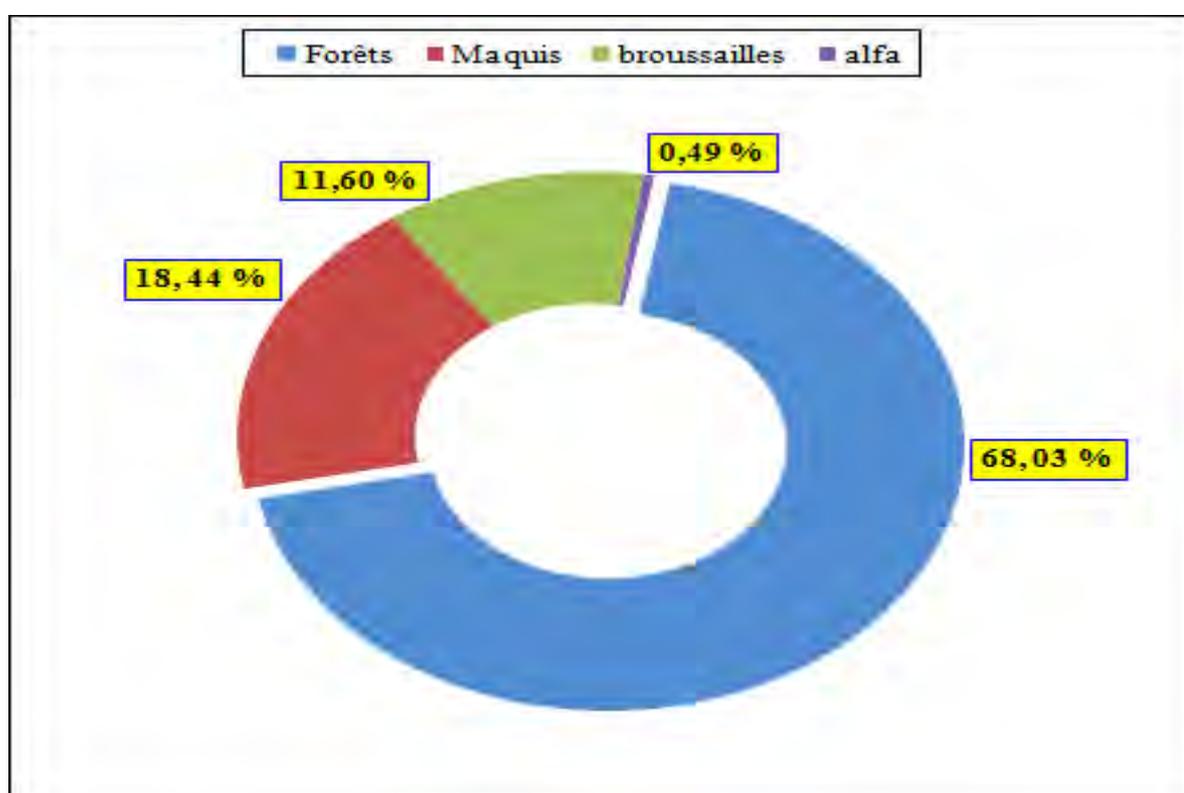
Les zones forestières nationales sont actuellement dégradées au rythme de 45 à 50 mille hectares annuellement, toutes formes de dégradation confondues. Cette régression de la surface forestière est à 90 % la conséquence des incendies de forêts (DGF, 1997).

L'examen des informations relatives aux incendies de forêts sur plusieurs années permet de déterminer les caractéristiques spatio-temporelles du risque d'incendie. L'un des objectifs de cette analyse des feux est de montrer comment l'étude et l'interprétation des statistiques relatives à un grand nombre d'incendies peuvent servir à l'élaboration des stratégies de prévention et de gestion des feux de forêts.

#### IV.1.1. Analyse des feux de forêts en Algérie :

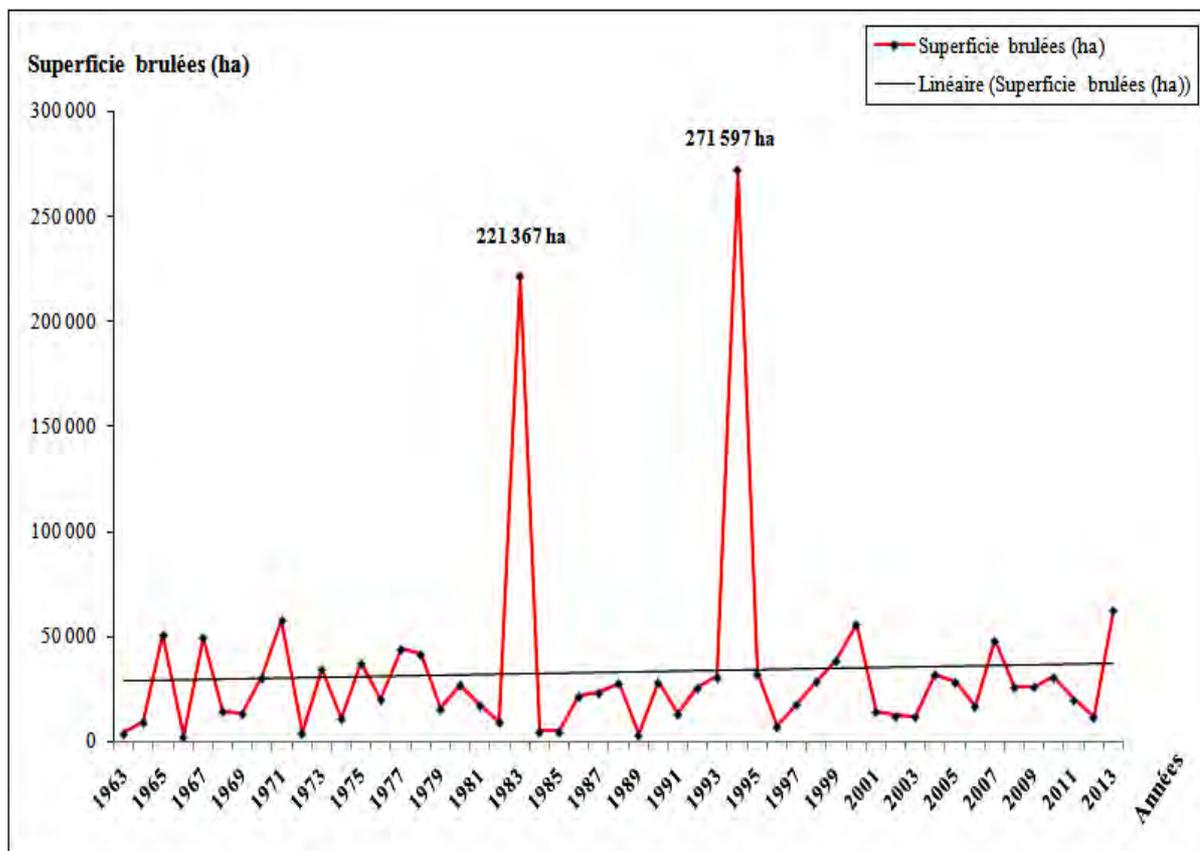
##### IV.1.1.1. Les surfaces incendiées :

L'examen des statistiques concernant les incendies de forêts de l'Algérie indépendante sur une période de 51 ans allant de (1963 à 2013) montre que la superficie totale parcourue par le feu s'élève à 1 690 636 ha, ce qui correspond à une moyenne annuelle de 33 149 ha/an, dont 68,03 % de la superficie brûlée ayant touché les forêts. Les maquis, les broussailles et l'alfa ont respectivement 18,44 %, 11,60 % et 0,49 % (fig. 22).



**Figure 22** – Répartition des incendies de forêts en Algérie suivant les formations végétales (période : 1963 – 2013)

Treize années dépassent largement la moyenne annuelle de la période (1963 – 2013) comme par exemple ; 1965, 1967, 1971, 1977, 1978, 2000, 2007 et 2013. Les années 1983 et 1994 ont été catastrophiques avec respectivement 221 367 ha et 271 597 ha (Fig. 23).

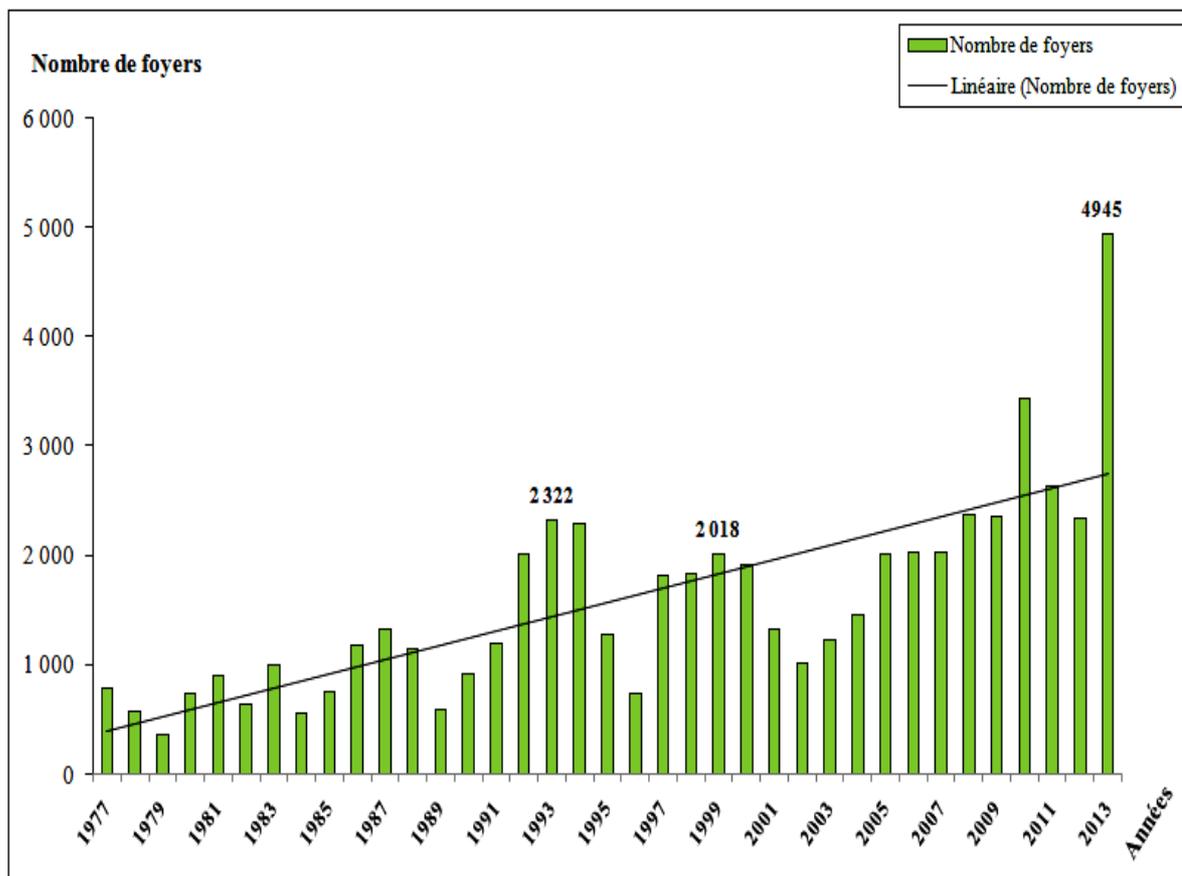


**Figure 23** – Evolution annuelle des superficies parcourues par le feu en Algérie (période : 1963 – 2013)

De telles surfaces brûlées « hors du commun » peuvent être dues, du moins en grande partie, à des conditions climatiques très favorables au déclenchement et à la propagation du feu (sécheresse persistante depuis plusieurs années consécutives, épisodes venteux, canicules). Quant à l'année critique 1994, la xéricité climatique peut expliquer naturellement les incendies catastrophiques qui ont marqué notre pays et d'autres régions méditerranéennes (MEDDOUR, 2012).

#### **IV.1.1.2. La fréquence des feux :**

Pour la période de (1963 – 2013), les données sur la fréquence des incendies sont disponibles depuis 1977, soit une durée de 37 ans, où on a enregistré un cumul de 58 013 feux, soit une moyenne de 1 568 feux/an (fig. 24).



*Figure 24 – Evolution annuelle des nombres d’incendies en Algérie (période : 1977 – 2013)*

Seize années dépassent largement cette moyenne annuelle, comme lors des années successives 1992, 1993, 1994 où la fréquence dépasse 2 000 feux/an, plus spécialement en 1993 avec un score de 2 322 feux. Des fréquences annuelles des feux très élevées se sont encore présentées plus tard et pendant 4 années successives de 1997 à 2000 où on a enregistré 2 018 feux en 1999.

Par ailleurs, il y a lieu de noter que durant les années qui suivent, notamment la décennie (2004 à 2013) a abattu le record et considérée la plus néfaste (1 463 à plus de 4 900 incendies/an). La tendance générale pour cette période est hélas sans équivoque : une hausse exponentielle de la fréquence annuelle des feux.

### IV.1.1.3. Le feu moyen :

Le feu moyen est de 27 ha/an pour la période 1977 – 2013. Toutefois, on enregistre deux valeurs maximales « extraordinaires » de 223,60 ha/feu et 118,50 ha/feu, correspondant respectivement aux années les plus néfastes 1983 et 1994. La tendance générale pour cette période est manifestement à la baisse (figure 25).

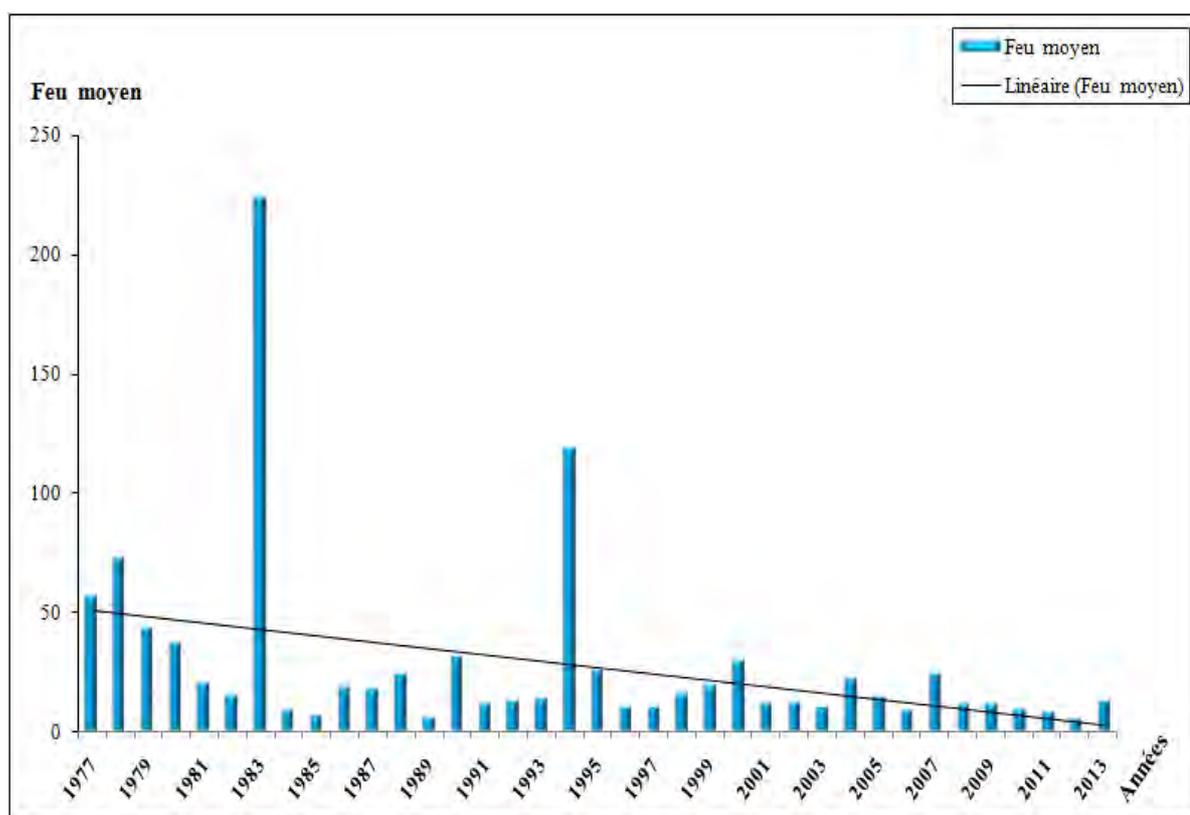


Figure 25 – Evolution de feu moyen en Algérie (période : 1977 – 2011)

#### IV.1.2. Analyse des feux de forêts dans l'Est-algérien :

##### IV.1.2.1. Evolution annuelle des incendies :

L'analyse du bilan des incendies survenus en forêt depuis les années 1985 jusqu'à 2012, ressort une superficie totale ravagée par les incendies près de 569 671 ha, ainsi qu'une moyenne de 20 345 incendies par an, soit un ratio de 22 ha/feu, avec des maxima de l'ordre de 151 845 ha en 1994 et 73 056 ha en 2012. Le minimum absolu est enregistré en 1989 ; 1 246 ha pour 175 incendies (tableau 8).

**Tableau 08.** Répartition annuelle des incendies de forêt dans l'Est-algérien

<i>Années</i>	<i>Nbr de Foyers</i>	<i>Sup. brûlées (ha)</i>	<i>Feu moyen</i>
1985	264	2 220,23	8,41
1986	384	6 609,24	18,99
1987	536	11 199,70	20,89
1988	459	10 713,06	23,43
1989	175	1 246,21	7,12
1990	453	25 215,37	55,66
1991	468	5 475,79	11,70
1992	888	13 275,56	14,95
1993	1 300	42 234,62	32,49
1994	1 100	151 845,62	138,04
1995	513	12 982,79	25,31
1996	277	2 513,59	9,07
1997	831	7 091,05	8,53
1998	546	5 696,04	10,43
1999	1 174	25 734,35	21,92
2000	891	33 102,89	37,15
2001	460	4 465,87	9,71
2002	502	5 209,25	10,38
2003	625	6 118,59	9,79
2004	538	5 396,83	10,03
2005	843	9 858,49	11,69
2006	957	7 556,66	7,90
2007	897	22 249,82	24,80
2008	3 528	39 026,06	11,06
2009	739	11 468,06	15,52
2010	1 390	15 157,59	10,90
2011	1 279	12 951,51	10,12
2012	2 168	73 056,14	33,70
	<b>24 141</b>	<b>569 671,33</b>	

Il est à noter que des écarts importants entre les années aussi bien en termes de superficies touchées que de nombre d'incendies, ce qui correspond aux années ; 1990, 1992, 1993, 1994, 1999, 2000, 2007, 2008 et 2012. La dernière décennie (2002 à 2011) représente la tranche où le nombre et les superficies incendiées sont aux niveaux les plus bas par rapport aux moyennes de la période 1985 à 2012 (862 et 20 345 incendies) sans tenir compte l'année 2008.

La surface moyenne brûlée par le feu varie entre 7,12 hectares en 1989 et plus de 138 hectares en 1994, alors que la moyenne se situe à 22 ha/feu. La tendance générale de la fréquence annuelle des feux pour cette période est à la hausse. A l'inverse, pour la surface incendiée, une légère tendance à la hausse est amorcée depuis 2005 (fig. 26).

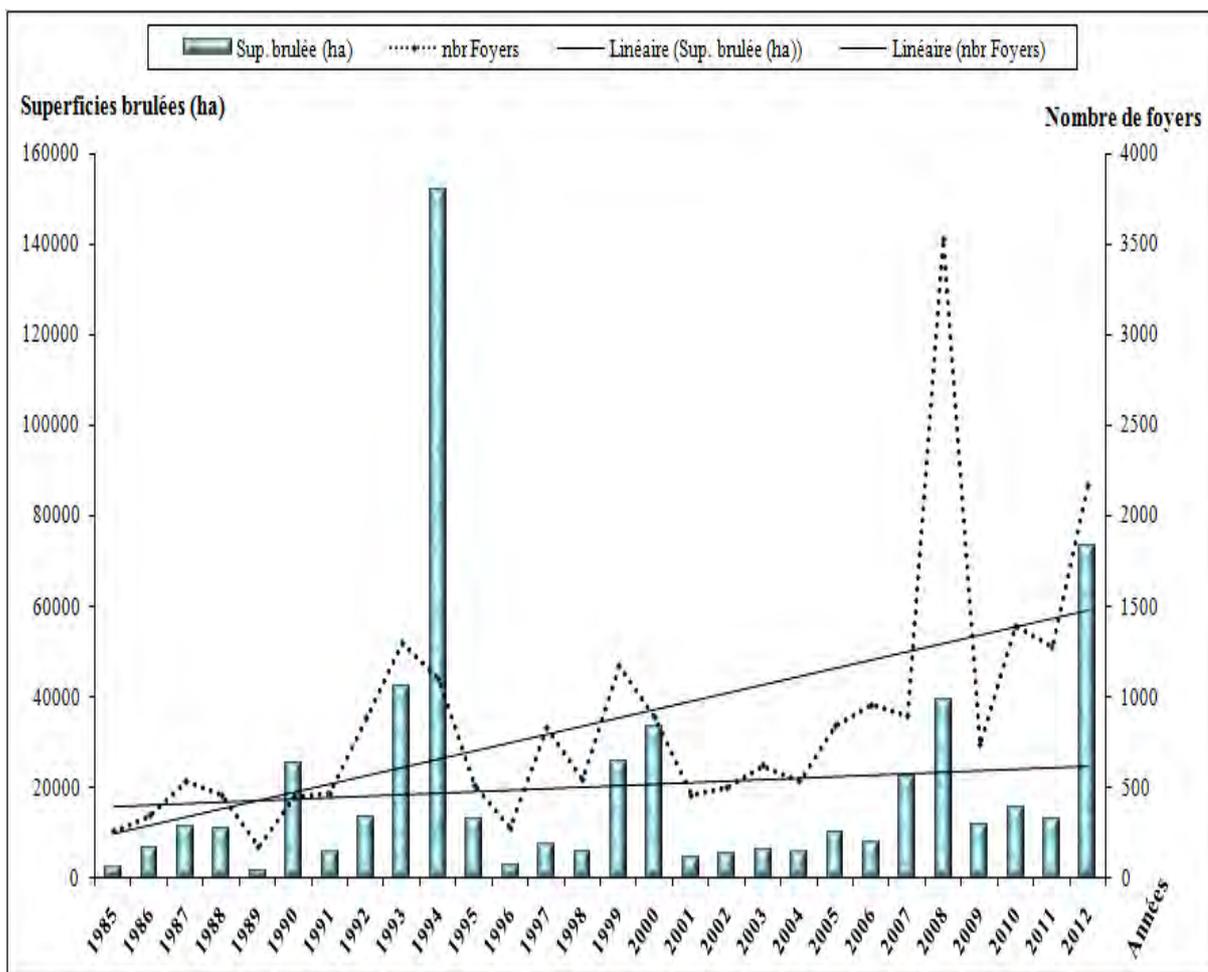


Figure 26 – Evolution annuelle de nombres de feux et des superficies brûlées pour l'Est-algérien (période : 1985 – 2012)

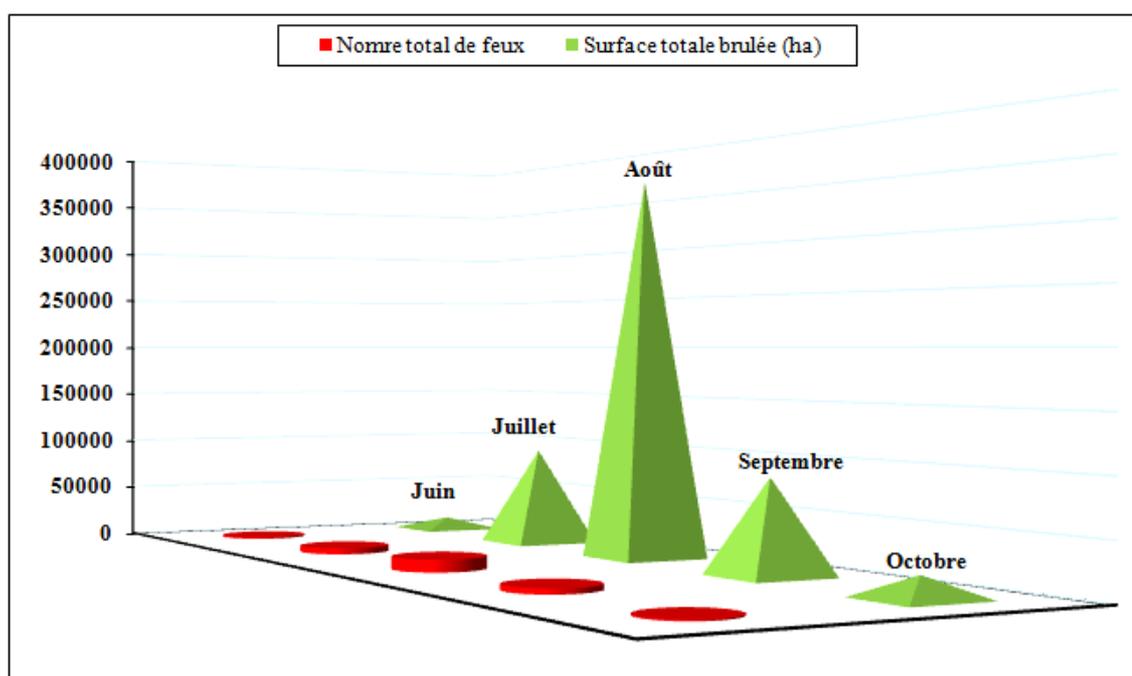
#### IV.1.2.2. Evolution mensuel des incendies :

Le mois estival qui a enregistré le plus grand nombre d'incendies (47,20 %) et la plus grande surface incendiée (62,80 %) est le mois d'août sur une période de 28 ans (Tableau 9). Ce bilan très lourd du mois d'août est la conséquence, du moins en grande partie, des conditions climatiques très favorables à l'occurrence et à la propagation des incendies (sécheresse prolongée et cumulée, sirocco fréquent et asséchant), soit 31 hectares par feu en moyenne.

**Tableau 09.** Répartition mensuelle de nombres de feux et superficies brûlées dans l'Est-algérien période (1985 – 2012)

	<i>Juin</i>	<i>Juillet</i>	<i>Août</i>	<i>Septembre</i>	<i>Octobre</i>	<i>Total</i>
Nombre de feux	1 288,5	5 644,5	11 388,0	4 788,5	1 031,0	24 140,5
Nombre de feux en %	5,30	23,40	47,20	19,80	4,30	100
Surface totale brûlée (ha)	11 695,2	93 743,6	357 917,2	86 825,0	19 490,5	569 671,3
Surface brûlée en %	2,10	16,50	62,80	15,20	3,40	100
Feu moyen	09	17	31	18	19	

C'est également le cas du mois de Juillet, qui enregistre 23,40 % du nombre total des feux, parcourant une surface équivalente à 16,50 % du total de la période allant de 1985 à 2012, avec un feu moyen de 17 hectares (fig. 27).



**Figure 27** – Evolution mensuelle de nombres et superficies incendiées dans l'Est-algérien

Le mois de Septembre coïncide, dès les premières pluies, avec la préparation des champs au semis, qui se fait à l'aide du feu (écobuage, essartage). Cette pratique traditionnelle est habituelle en Algérie encore de nos jours (MEDDOUR, 2012).

L'importance du nombre de feux (19,80 %) et des surfaces incendiées (15,20 %) durant ce mois s'expliquerait ainsi par l'imprudence lors de ces travaux agricoles (MEDDOUR, 2008). Par ailleurs, les incendies ne sont pas rares en Octobre (1 031 occurrences en 28 ans).

Enfin, le mois de Juin a enregistré un nombre de feu (5,30 % du total), avec une surface brûlée de 2,10 % du total. C'est le mois qui présente le moins d'incendies après Septembre, vu que l'effet cumulatif de la sécheresse n'a pas encore sévi et que l'influence humaine est moindre, puisque ce mois correspond à une période hors vacances.

**IV.1.2.3. Répartition des incendies suivant les Wilayas :**

Durant la période écoulée (1985 – 2012), il y a lieu de signaler que l'ensemble des Wilayas de l'Est-algérien sont régulièrement touchées par les incendies de forêts. La Wilaya de Bejaïa demeure celle qui a été la plus touchée par les feux de forêts avec un score global de 102 829, 31 ha et de 3 634 foyers (fig. 28).

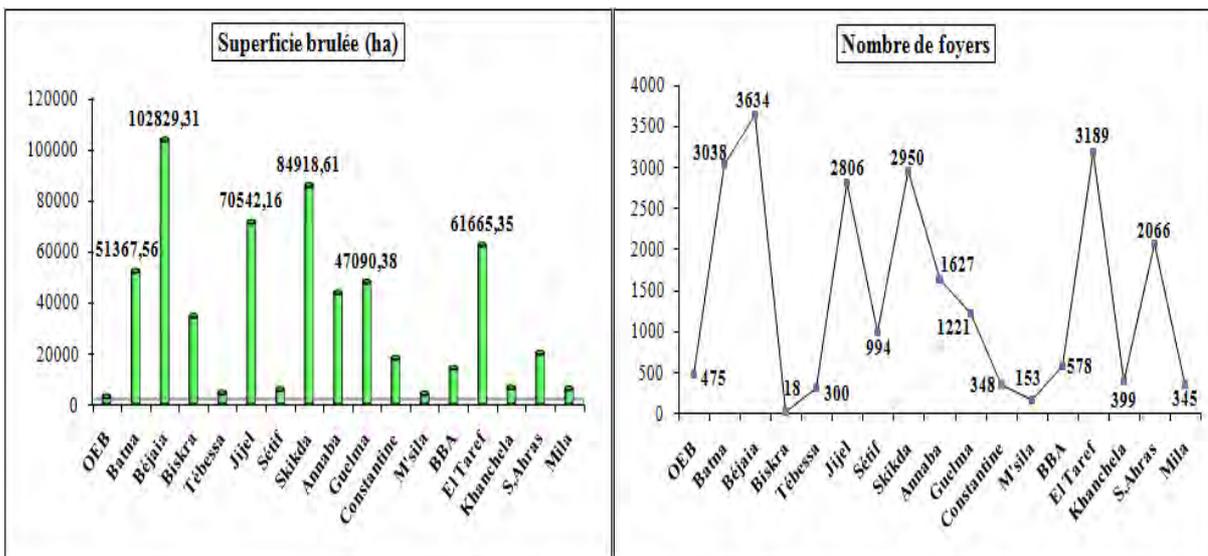


Figure 28 – Répartition des incendies de forêt dans les Wilayas de l'Est-algérien

Il est à noter que durant 28 ans, les wilayas du littoral sont les plus affectées par le feu à savoir ; Bejaïa, Jijel, Skikda et El Taref. Elles totalisent, à elles seules, une superficie importante de 319 955,42 ha, qui représente la moitié de la superficie brûlée globale. Ceci s'explique par le fait que ces wilayas disposent d'un patrimoine subéricole très sensible aux feux (ARFA, 2008). Cependant, les wilayas de l'intérieur et de sud, ne représentent qu'un faible taux de surface incendiée à l'exception de Batna et Guelma qui ont respectivement : 51 367, 56 ha, 47 090,43 ha chacune.

Par contre, en ce qui concerne l'importance de foyers d'incendie, la répartition est inéquitable, puisque sur le total de 24 141 foyers, 17 683 feux soit 73,25 % concernent seulement 06 wilayas qui sont, en l'occurrence, Bejaïa, El Taref, Batna, Skikda, Jijel et Souk-Ahras avec un maximum enregistré dans la wilaya de Bejaïa s'élevant à 3 634. Ces forêts sont fortement utilisées pour l'activité anthropique (BENDERRADJI et al. 2004).

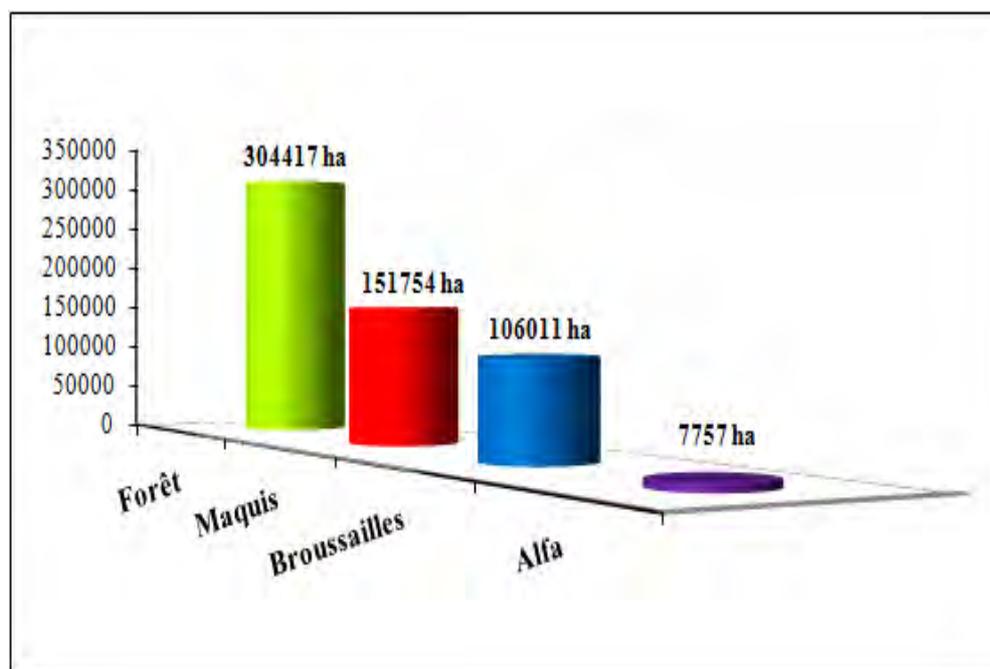
#### ***IV.1.2.4. Répartition des incendies suivant les formations végétales :***

L'examen du bilan de la période (1985 – 2012) fait ressortir que les plus grandes surfaces parcourues par le feu sont les formations forestières (tableau 10). En effet, on a enregistré un cumul de 569 940,70 ha de superficies parcourues par les incendiés dont les forêts demeurent celles qui sont les plus touchées par le feu avec une superficie totale de 304 417, 9 ha soit 53,40 %.

**Tableau 10.** Répartition des incendies suivant les formations végétales

<i>Formations végétales</i>	<i>Forêts</i>	<i>Maquis</i>	<i>Broussailles</i>	<i>Alfa</i>	<i>Total</i>
<i>Superficies incendiées</i>	304 417,90	151 754,30	106 011,30	7 757,20	569 940,70
<i>Pourcentage (%)</i>	53,40	26,60	18,60	1,40	100

Les maquis avec 151 754,30 ha représentent 26,60 % du global, viennent en deuxième position, les 106 011,3 ha de broussailles soit 18,60 %. Et enfin, l'alfa avec un total de 7 757,20 hectares les placent en dernière position suivant l'importance des superficies brûlées (fig. 29).



**Figure 29** – Répartition des incendies suivant les formations végétales

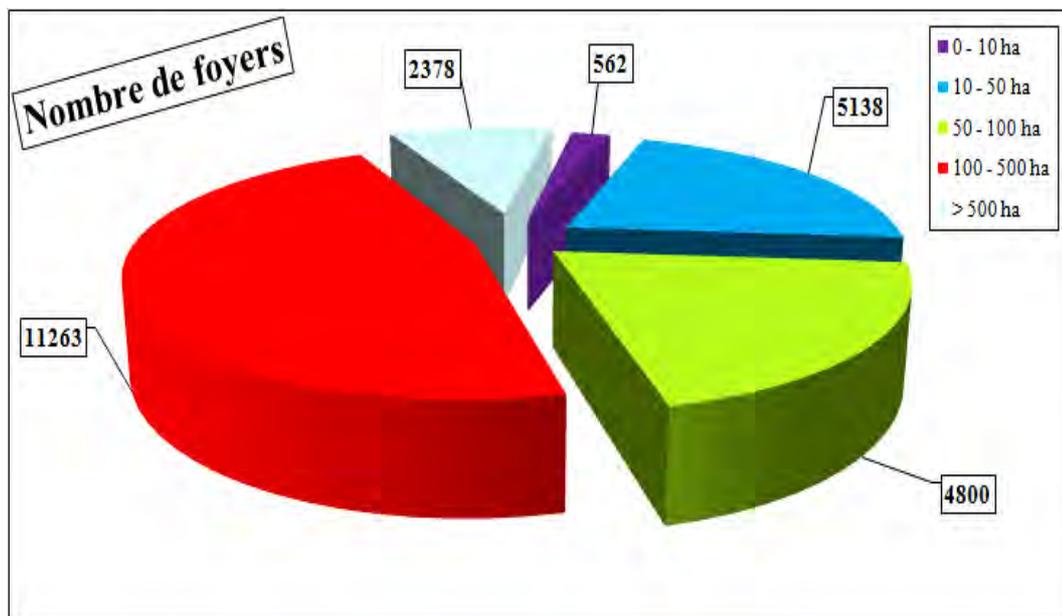
#### IV.1.2.5. Répartition du nombre de foyers par classe de superficie :

Durant la période allant de (1985 – 2012), on a enregistré un nombre total de feu estimé à 24 141 foyers dans toutes les wilayas de l’Est-algérien. Les résultats enregistrés nous indiquent que le nombre de foyers varie selon les tranches de surface (tableau 11).

**Tableau 11.** Répartition du nombre de foyers par classe de superficie

Tranches de superficie	0-10 ha	10-50 ha	50-100 ha	100-500 ha	> 500 ha	
Nombre de foyers	562	5 138	4 800	11 263	2 378	24 141
Pourcentage (%)	2,33	21,28	19,88	46,65	9,85	100

Les nombres de foyers n’ayant pas atteint les 10 ha sont de l’ordre de 562 soit 2,33 %. Pour les autres classes, le nombre de feu s’échelonne de 2 378 soit 9,85 % pour la tranche supérieure à 500 ha et de 11 263 soit 46,65 % pour la tranche comprise entre 100 et 500 hectares. En outre, les deux classes ; 10 à 50 ha et 50 à 100 ha, dont les nombres de foyers enregistrés ne sont pas négligeables, ils atteignent respectivement : 5 138 et 4 800 incendies (fig. 30).



*Figure 30 – Répartition du nombre de foyers par classe de superficies*

### **Conclusion :**

La forêt algérienne a subi, dès l'indépendance à nos jours, des incendies catastrophiques où elles ont ravagé à elles seules un total de 1 690 636,87 ha soit 1,95 % chaque année.

A l'instar du pays, l'Est-algérien n'épargne pas de ce chiffre. Les superficies parcourues par le feu pendant une période de 28 ans (1985 – 2012) ont été estimées à 569 671,33 ha avec un nombre de foyers s'élevant à 24 141 incendies soit un tiers de la superficie incendiée en Algérie.

L'année 1994 figure la plus touchée par le feu avec un record de 151 845,62 ha et le mois estival qui a enregistré le plus grand nombre d'incendies (47,20 %) et la plus grande surface brûlée (357 917,19 ha) est le mois d'Août.

L'examen du bilan de la période (1985 – 2012) fait ressortir que les plus grandes surfaces parcourues par le feu sont les formations forestières, et la tranche supérieure à 500 ha est la plus touchée par les incendies de forêts.

## IV.2. Les facteurs climatiques favorisant les incendies de forêts :

### Introduction :

Les incendies de forêt dans le bassin Méditerranéen dépendent pour une bonne part des conditions climatiques dominantes. Des étés prolongés (s'étendant de Juin à Octobre et parfois plus longtemps), avec une absence éventuelle de pluie et des températures diurnes moyennes bien supérieures à 30 °C réduisent la teneur en eau de la litière forestière à moins de 5 %.

Eu égard au caractère aride et semi-aride de son climat, l'Algérie ressentira davantage les effets des changements climatiques. Le dérèglement actuel du cycle " évaporation-pluie " conduit à envisager l'occurrence probable d'événements extrêmes comme les sécheresses prolongées ou les inondations catastrophiques, ce qui constitue une menace sévère sur les écosystèmes terrestres et par conséquent sur la biodiversité (MATE, 2003).

Les régimes des incendies de forêt sont influencés par de nombreux facteurs, biotiques ou abiotiques et d'échelle spatiale variable. Parmi ces facteurs, le climat et la météorologie jouent un rôle prépondérant, que ce soit par le biais de températures élevées, de faibles précipitations, du vent ou encore de la foudre.

Il y a donc un intérêt certain à mieux comprendre le régime des incendies de forêt et ses facteurs déterminants. Une étape préalable et essentielle pour y arriver est la disponibilité des données permettant de reconstituer les caractéristiques principales dudit régime (ZUMBRUNNEN, 2010).

Dans cette partie, nous avons tenté d'évaluer le rôle joué par les différents facteurs déterminants, en particulier le climat, dans d'éventuelles modifications du régime des incendies durant la période sèche de l'année. Les principaux paramètres climatiques sont présentés ici par des données pluriannuelles sur 28 ans (1985 – 2012). Toutes ces données proviennent de la station météorologique de Constantine (ONM).

### IV.2.1. L'influence des facteurs climatiques sur le régime des incendies :

#### IV.2.1.1. L'effet des précipitations sur la fréquence des feux :

En règle général, les conditions climatiques de l'année en cours et celle qui précède sont déterminantes. Les précipitations jouent un rôle décisif dans le bilan hydrique des sols et donc du végétal, aussi bien sur le comportement des feux de forêts.

Les précipitations sont très variables suivant le mois sur 28 ans. L'analyse des valeurs fait apparaître une inégalité dans la distribution des précipitations pour toutes les stations étudiées. Une décroissance des hauteurs est observée du point de vue général, où on a enregistré un minimum de pluie de 21 mm en Juin et un maximum de 2 397 mm en Octobre, sans tenir compte de l'année, au niveau des stations de Biskra et Jijel respectivement (Tableau 12).

**Tableau 12.** Répartition des précipitations en mm au niveau des 15 stations d'étude (de Juin à Octobre ; période 1985 – 2012)

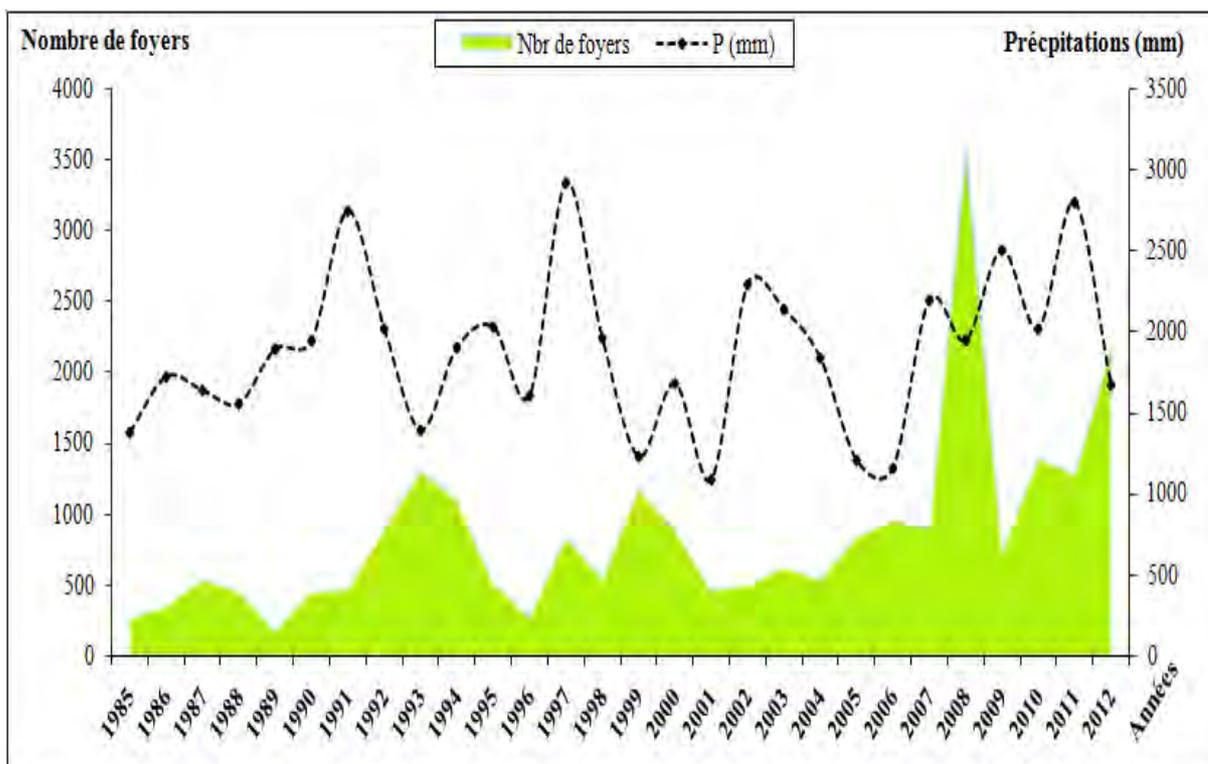
	OEB	Batna	Béjaïa	Biskra	Tébessa	Jijel	Sétif	Skikda	Annaba	Guelma	Constantine	M'sila	BBA	El Kala	S. Aharas
<b>JUN</b>	628	521	381	102	772	398	593	328	352	505	494	151	597	250	106
<b>JUL</b>	497	226	167	<b>21</b>	431	83	435	76	85	98	180	49	287	64	76
<b>AOU</b>	744	525	204	100	704	247	551	293	268	340	337	92	414	132	91
<b>SEP</b>	1274	1048	1622	399	1375	1617	1041	1336	1129	1150	1041	335	1309	1530	132
<b>OCT</b>	899	699	1915	399	916	<b>2397</b>	884	1814	1563	1263	1017	458	847	2160	118

Source : ONM Constantine

En général, la distribution des précipitations est marquée par une diminution des hauteurs du littoral vers les plaines intérieures et des plaines intérieures vers les hautes plaines et le désert.

Les années pluvieuses sont en générales moins marquées par les feux, ce qui, clairement envisagé pendant toute la période (1985 – 2012) particulièrement les années : 1991, 1997 et 2011 avec des pics respectifs de 2 745 ; 2 919 et 2 798 mm.

Or, l'année 2008 est chevauchée de la règle, où on a marqué un nombre de foyers très élevé (3 528 feux) avec une légère diminution de pluie. En effet, L'année critique 1994 caractérisée par une grande superficie brûlée et un nombre de foyers moyennement faible (1 100 incendies) dû à l'augmentation des hauteurs de précipitation, ce qui a jugé que, les incendies de cette année sont d'origine criminelle où l'Algérie a passé une décennie noire (fig. 31).



**Figure 31** – Relation entre la fréquence des feux et les précipitations

On constate qu'il y a vraisemblablement une relation entre le nombre d'incendies et les précipitations durant la période (1985 – 2012), puisque à chaque fois que l'on enregistre une augmentation des précipitations, on remarque une baisse du nombre de feux. Cela signifie que le nombre de foyers est inversement proportionnel à la quantité de précipitations.

#### **IV.2.1.2. L'effet des températures maximales sur la fréquence des feux :**

Contrairement à l'effet des précipitations, les températures favorisent le départ de feux notamment durant la période sèche de l'année. Elles règlent la production de biomasse, l'évapotranspiration et rendent le végétal plus ou moins inflammable et combustible.

L'évolution des températures maximales est presque constante durant la période d'étude dont les moyennes maximales se situent entre 21,7 °C et 38,9 °C. Août est le mois le plus chaud avec des maxima atteignent 38,1 °C enregistré à M'sila (Tableau 13).

**Tableau 13.** Répartition des températures maximales en °C au niveau des 15 stations d'étude (de Juin à Octobre ; période 1985 – 2012)

	OEB	Batna	Béjaïa	Biskra	Tébessa	Jijel	Sétif	Skikda	Annaba	Guelma	Constantine	M'sila	BBA	El Kala	S. Aharas
<b>JUN</b>	30,6	31,6	28,0	28,0	31,5	27,0	29,7	25,7	27,8	32,0	30,5	34,9	30,5	26,7	29,3
<b>JUL</b>	34,1	35,3	30,8	30,8	35,2	29,9	33,8	28,3	30,6	35,8	34,3	<b>38,9</b>	34,4	29,9	33,3
<b>AOU</b>	34,0	34,7	32,0	32,0	34,5	31,0	33,2	29,4	31,6	36,4	34,4	38,1	34,2	30,8	33,4
<b>SEP</b>	28,8	29,0	28,8	28,8	29,1	28,3	27,3	27,4	29,5	31,6	28,9	31,8	27,7	28,4	28,3
<b>OCT</b>	23,4	23,8	25,5	25,5	24,0	25,3	<b>21,7</b>	25,1	26,2	27,3	24,0	26,0	22,2	25,2	23,6

Source : ONM Constantine

On constate que les températures maximales absolues agissent sur le nombre de foyers durant la période (1985 – 2012), puisque à chaque fois que l'on enregistre une hausse des températures maximales absolues, on remarque une augmentation du nombre de foyers d'incendie. Dans un cas seulement, c'est le contraire, l'année 2008 (fig. 32).

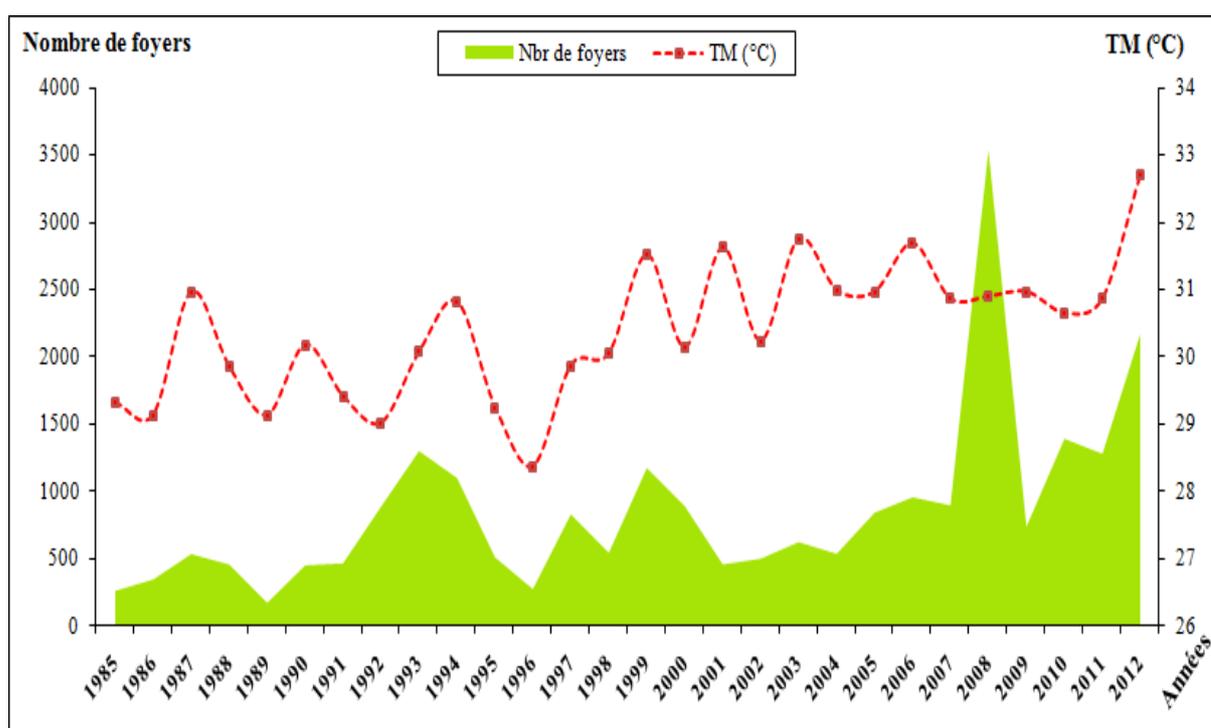


Figure 32 – Relation entre la fréquence des feux et les températures maximales

Il faut donc retenir comme résumé que, la fréquence des feux est proportionnelle à la température maximale absolue. Car les températures élevées contribuent à l'assèchement des combustibles, à la diminution de la teneur en eau et la réduction de l'humidité atmosphérique. Ceci diminue le temps de la phase de préchauffage lors d'un début d'incendie, ce qui accélère le processus de combustion favorisant les éclosions de feux (BENDERRADJI, 2004).

#### IV.2.1.3. L'effet de l'humidité de l'air sur la fréquence des feux :

L'humidité relative est la vapeur d'eau contenue dans l'air exprimé comme un rapport de la teneur en eau saturée à la température d'eau. La vapeur d'eau est issue des évaporations des surfaces terrestres, aquatiques et végétales (MACKENZIE et al., 2000).

L'humidité relative ne varie pas d'une façon marquée au cours des mois de l'année (Juin à Octobre), elle est généralement supérieure à 70 % dans le littoral, supérieure à 50 % à l'intérieur et moins 50 % sur le versant nord de l'Atlas saharien. Pour la période allant de 1985 à 2012, l'humidité de l'air est représentée par une moyenne de 55,2 % (Tableau 14).

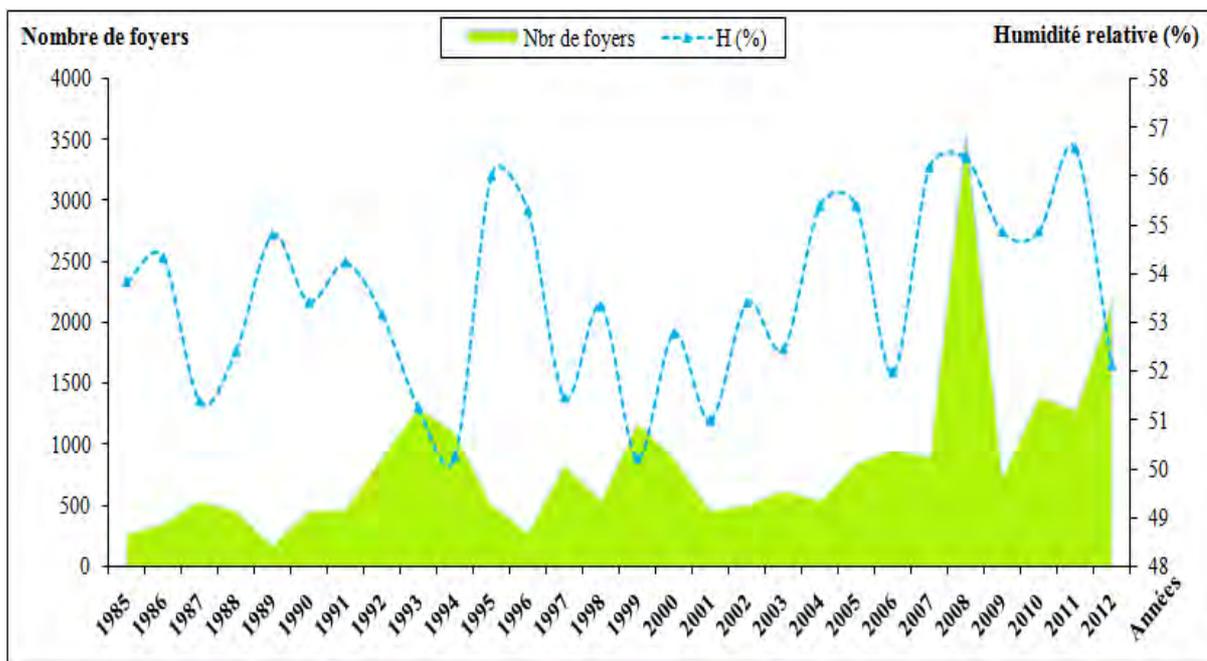
**Tableau 14.** Répartition de l'humidité relative en % au niveau des 15 stations d'étude (de Juin à Octobre ; période 1985 – 2012)

	OEB	Batna	Béjaïa	Biskra	Tébessa	Jijel	Sétif	Skikda	Annaba	Guelma	Constantine	M'sila	BBA	El Kala	S. Aharas
<b>JUN</b>	41,8	42,1	75,9	27,8	44,4	72,1	45,6	73,0	71,7	54,2	53,6	38,2	42,3	71,4	47,9
<b>JUL</b>	35,8	35,8	74,5	24,9	38,5	70,5	37,4	71,5	70,0	48,3	46,5	33,6	36,2	70,5	41,3
<b>AOU</b>	39,1	38,8	73,7	27,8	42,0	69,9	39,3	71,5	70,3	48,6	48,1	35,8	38,6	69,3	43,5
<b>SEP</b>	51,7	51,9	74,8	37,4	54,9	72,2	54,7	72,2	72,1	60,5	60,6	47,3	51,1	71,6	55,4
<b>OCT</b>	58,8	58,2	74,1	44,8	61,0	72,6	63,5	71,3	73,5	65,2	66,2	54,1	58,8	72,2	61,4

Source : ONM Constantine

La figure 33 concerne l'effet de l'humidité relative sur la fréquence des feux montre qu'à chaque fois que l'on enregistre une augmentation de l'humidité, on remarque une baisse de nombre de foyers et vise vers ça. Il semble donc exister, une relation évidente entre les incendies de forêts et l'humidité relative de l'air.

Les incendies ne se déclenchent que lorsque l'humidité relative est basse pour la plupart de la période, sauf l'année 2008 prouve l'existence d'une masse d'air relativement sèche (le sirocco), car ces deux éléments (humidité relative et vent) ne peuvent être séparés l'un de l'autre.



**Figure 33** – Relation entre la fréquence des feux et l'humidité relative de l'air

#### **IV.2.1.4. L'effet de la vitesse des vents sur la fréquence des feux :**

Avec la chaleur et le manque d'eau, le vent est un autre facteur climatique important. Les vents estivaux de terre, caractérisés par une grande violence et un fort pouvoir desséchant, tel que le sirocco au Maghreb, font tomber l'humidité atmosphérique à moins de 30 % et contribuent à propager les incendies en transportant des étincelles et surtout des brandons sur de grandes distances. Par ailleurs, l'action du vent accélère l'évapotranspiration, accentue l'aptitude des végétaux à s'enflammer et facilite la propagation du feu.

Sur l'ensemble de la période (1985 – 2012), la vitesse maximale du vent est particulièrement forte, d'un ordre de grandeur de 19,2 à 32,7 km/h. Cette variabilité est due essentiellement aux conditions topographiques locales qui caractérisent chaque département (tableau 15).

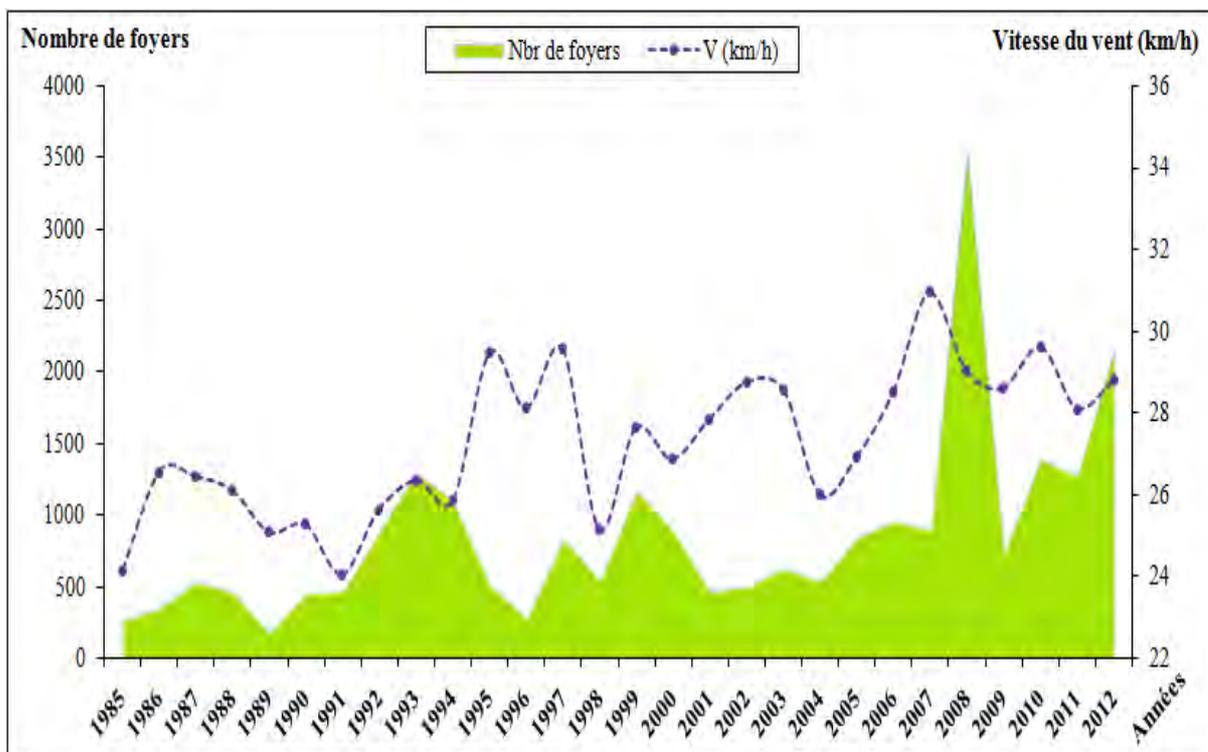
**Tableau 15.** Répartition des vitesses du vent en km/h au niveau des 15 stations d'étude (de Juin à Octobre ; période 1985 – 2012)

	OEB	Batna	Béjaïa	Biskra	Tébessa	Jijel	Sétif	Skikda	Annaba	Guelma	Constantine	M'sila	BBA	El Kala	S. Aharas
<b>JUN</b>	25,6	30,4	21,4	32,1	28,3	20,6	24,6	19,6	31,6	22,8	25,1	25,4	22,1	29,6	25,9
<b>JUL</b>	26,2	30,0	21,0	30,5	28,7	21,1	24,4	<b>19,2</b>	32,5	21,3	24,7	25,0	22,0	30,0	25,5
<b>AOU</b>	25,1	29,7	20,8	29,8	27,4	20,7	24,0	19,2	<b>32,7</b>	20,7	24,8	24,3	22,0	29,4	24,9
<b>SEP</b>	23,8	27,8	20,6	30,1	26,8	20,8	23,4	19,8	30,9	21,1	24,1	23,5	21,4	29,3	24,2
<b>OCT</b>	22,3	25,6	22,4	27,8	24,9	19,6	22,1	19,7	27,4	20,2	22,6	23,2	20,4	25,7	23,3

Source : ONM Constantine

Le vent n'agit pas directement sur le phénomène de l'ignition, car il faut une source qui déclenche le feu (chaleur, flamme,..). Le vent influe sur la combustion par l'enrichissement de l'air par l'oxygène et le changement de la voie des gaz enflammés. Cependant, il faut tenir compte non seulement de la vitesse du vent mais également de sa direction.

D'après les résultats obtenus, on est constat que la vitesse des vents agit sur le nombre de foyers, donc le nombre d'incendie est proportionnel à la vitesse des vents (Fig. 34)



**Figure 34** – Relation entre la fréquence des feux et les vitesses maximales du vent

### IV.2.2. L'analyse statistique :

Pour évaluer la sensibilité des incendies de forêt aux différents paramètres climatiques, les résultats obtenus concernant les feux de forêts (Wilayas, Années, superficies brûlées et nombre de foyers) et les paramètres climatiques (Précipitations, Températures maximales, humidité relative et vitesse des vents) ont été interprétés statistiquement à l'aide du logiciel XLstat-Pro-7.5.

Dans cette partie nous présenterons et discuterons les principaux résultats statistiques obtenus pour l'ensemble des 15 départements.

#### IV.2.2.1. Corrélation entre les variables :

Cette matrice a pour objet de tester les liaisons qui peuvent exister entre les variables. Elle renferme 07 variables, chacune est mesurée pendant la saison sèche de l'année sur une période allant de 1985 à 2012 au niveau des 15 départements de l'Est-algérien.

**Tableau 16.** Matrice de corrélation entre les variables

	<i>Années</i>	<i>Sup. brûlées (ha)</i>	<i>Nbr de foyers</i>	<i>P (mm)</i>	<i>TM (°C)</i>	<i>H (%)</i>	<i>V (km/h)</i>
<i>Années</i>	<b>1,00</b>						
<i>Sup. brûlées (ha)</i>	0,02	<b>1,00</b>					
<i>Nbr de foyers</i>	0,13	0,36	<b>1,00</b>				
<i>Pp (mm)</i>	-0,05	-0,05	-0,05	<b>1,00</b>			
<i>TM (°C)</i>	0,15	0,09	0,09	-0,28	<b>1,00</b>		
<i>H (%)</i>	0,03	0,03	0,10	0,11	-0,69	<b>1,00</b>	
<i>V (km/h)</i>	-0,03	0,01	0,03	-0,12	0,24	-0,25	<b>1,00</b>

Au seuil ( $\alpha = 5\%$ ), les précipitations sont négativement corrélées avec les superficies brûlées et le nombre de foyers avec un score de (-0,05) chacune d'entre elles. En effet, une corrélation positive est envisagée avec les autres paramètres à savoir ; les températures maximales, l'humidité relative et la vitesse du vent.

#### IV.2.2.2. L'analyse en composante principale (ACP) :

L'analyse en composantes principales est basée sur les coefficients de corrélations linéaires entre les différentes caractéristiques, et ces coefficients ne dépendent pas de la moyenne et de l'écart type. Donc, pour l'ACP seules les corrélations qui comptent.

Si un ensemble de caractéristiques (facteurs) sont très corrélées entre elles, cela signifie qu'une seule suffirait de décrire ce système de calcul sans perte importante de l'information.

Comme on a l'habitude de visualiser les choses en deux dimensions, nous cherchons deux caractéristiques (deux facteurs) combinaisons de toutes les autres, et qui peuvent contenir la majorité de l'information. Donc, nous pourrions nous ramener à l'essentiel en peu de paramètre et simplifier la vision avec des caractéristiques mieux adoptés auxquelles nous n'aurions pas pensé à priori.

L'analyse en composantes principales (ACP) a été appliquée à la matrice des corrélations obtenues à partir des 6 variables centrées réduites, mesurées sur 28 ans, prises deux à deux. L'analyse des corrélations entre les paramètres montre qu'il y a des liaisons positives et négatives entre ces paramètres (tableau 17).

**Tableau 17.** Matrice de corrélation (*Pearson (n)*)

Variables	Sup. brulées (ha)	Nbr de foyers	P (mm)	T Max (°C)	H (%)	V.V (km/h)
Sup. brulées (ha)	<b>1</b>					
Nbr de foyers	0,371	<b>1</b>				
P (mm)	-0,339	-0,395	<b>1</b>			
T Max (°C)	0,431	0,293	-0,304	<b>1</b>		
H (%)	0,040	-0,364	0,568	-0,095	<b>1</b>	
V.V (km/h)	0,485	0,081	-0,072	0,522	0,442	<b>1</b>

P : Précipitations (mm)

T Max : Températures Maximales (°C)

H : Humidité relative (%)

VV : Vitesse du vent (km/h)

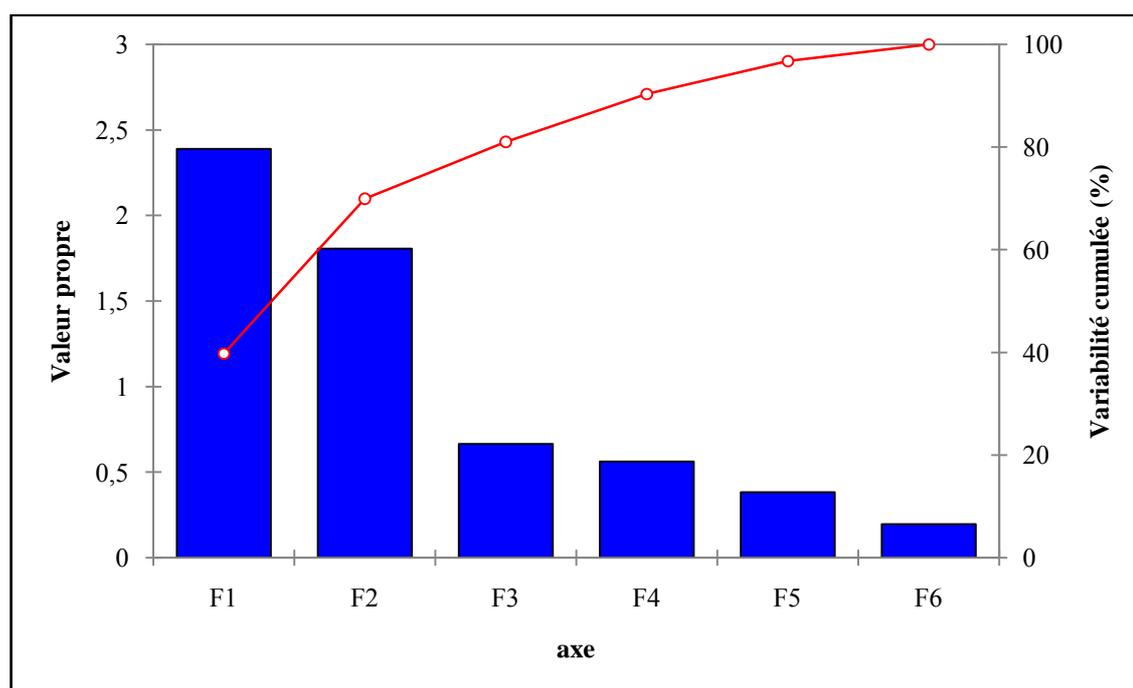
Les résultats de cette ACP révèlent que les deux premières composantes expliquent 69,89 % de la variance totale, avec 39,80 % pour le premier axe et 30,09 % pour le second. Le troisième axe explique 11,08 % de l'inertie générale. Donc les deux premiers axes résument au mieux l'information apportée par les 6 variables initiales, et seuls de ces deux axes sont pris en considération (tableau 18).

**Tableau 18.** Résultats de l'ACP des trois premiers axes, obtenus pour l'ensemble des 15 départements à partir des 6 caractéristiques mesurés sur 28 ans.

	F1	F2	F3
Valeur propre	2,388	1,805	0,665
Variabilité (%)	<b>39,803</b>	<b>30,088</b>	<b>11,086</b>
% cumulé	39,803	69,891	80,976

F1 : premier axe principal  
 F2 : deuxième axe principal  
 F3 : troisième axe principal

Le logiciel XLstat fournit, également le graphique des valeurs propres en fonction des rangs de toutes les composantes principales. Ce graphique montre bien l'importance décroissante des différentes composantes principales.



**Figure 35** – Histogramme des valeurs propres en fonction des rangs des axes principaux

Cependant, l'interprétation de ces composantes principales nécessite le calcul des corrélations entre chacune des composantes principales retenues avec chacune des 6 variables initiales. Ces corrélations sont utiles pour préciser la part de la variance, d'une variable initiale donnée, prise en compte par une composante principale particulière, et seront utilisées pour les représentations graphiques des variables initiales dans les cercles de corrélations.

**Tableau 19.** Valeurs des corrélations et corrélations carrées des variables initiales avec les trois premiers axes principales

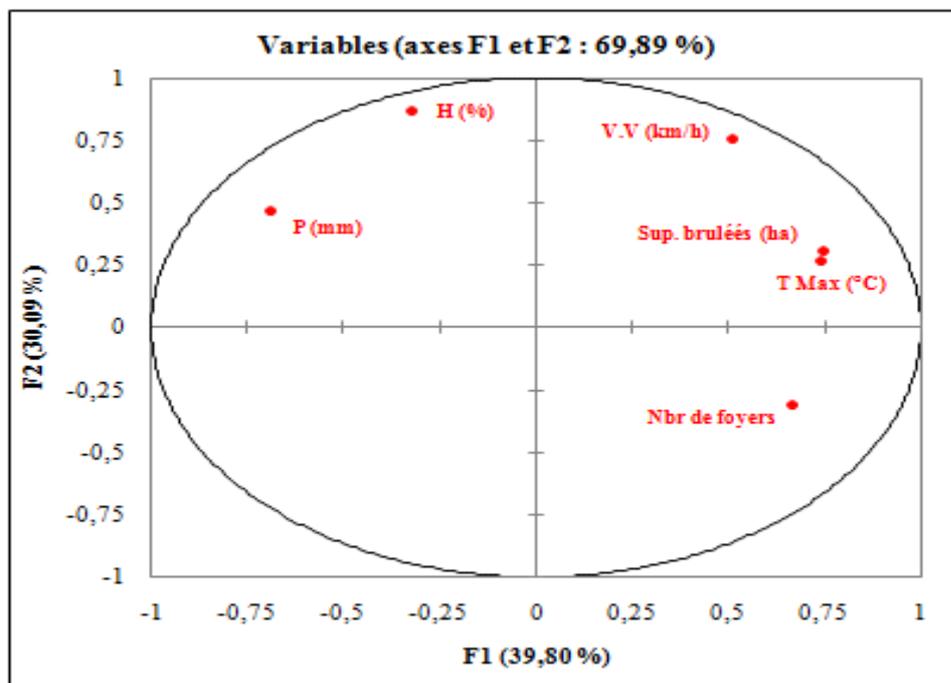
Variables	F1		F2		F3		Plan factoriel 1-2
	Corr	Corr <sup>2</sup> (%)	Corr	Corr <sup>2</sup> (%)	Corr	Corr <sup>2</sup> (%)	Corr <sup>2</sup> (%)
Sup. brûlées (ha)	0,75	<b>56,25</b>	0,30	<b>9,00</b>	0,27	<b>7,29</b>	<b>65,25</b>
Nbr de foyers	0,67	<b>44,89</b>	-0,31	<b>9,61</b>	0,57	<b>32,49</b>	<b>54,50</b>
P (mm)	-0,69	<b>47,61</b>	0,47	<b>22,09</b>	0,26	<b>6,76</b>	<b>69,70</b>
T Max (°C)	0,74	<b>54,76</b>	0,27	<b>7,29</b>	-0,39	<b>15,21</b>	<b>62,05</b>
H (%)	-0,33	<b>10,89</b>	0,87	<b>75,69</b>	0,18	<b>3,24</b>	<b>86,58</b>
V.V (km/h)	0,51	<b>26,01</b>	0,76	<b>57,76</b>	-0,11	<b>1,21</b>	<b>83,77</b>

*A) Analyse du nuage de points variables (cercle de corrélation) :*

Les cercles de corrélations sont des graphiques visant à représenter géométriquement les variables initiales dans le nouveau système de coordonnées. Ces cercles de corrélations permettent parfois de donner une interprétation physique à certaines composantes principales.

Les caractéristiques (facteurs) plus proches du centre ne reflètent l'information et par conséquent elles ne sont pas prises en considération dans la discussion analytique de nos résultats. Celles proches du périmètre sont plus corrélées, elles sont prises en considération dans l'interprétation de nos résultats.

L'axe factoriel 1 est très corrélé de façon positive avec les superficies brûlées (0,745) et les températures maximales (0,738), et d'une façon négative avec les précipitations (-0,693). Donc, cet axe montre que la résultante de l'ensemble des facteurs influant est due à l'effet de la température maximale (°C) se manifestant par le nombre de foyers brûlés. Par contre les précipitations sont corrélées négativement avec l'axe factoriel 1 (figure 36).



**Figure 36** – Représentation graphique des 6 variables sur le plan factoriel 1-2

**B) Analyse du nuage de points individus (graphique des individus) :**

Selon la figure 37 représentant la distribution des individus corrélés aux deux axes factoriels sélectionnés qu'ils sont divisés en 4 groupes :

**Groupe A** : comprend les années 2005, 2006, 2008, 2009 et 2012, la superficie brûlée et les températures maximales. Ce qui laisse à penser que l'effet principale de la température maximale se manifestera durant cette période, surtout les années 2008 et 2012.

**Groupe B** : comprend les années 1990, 1995, 1997, 2002, 2003, 2004 et 2010, et les précipitations qui sont corrélées négativement surtout l'année 1995.

**Groupe C** : comprend les années 1985, 1986, 1988, 1989, 1991, 1992, 2000 modérant et faiblement corrélées avec l'axe 1.

**Groupe D** : comprend les années 1987, 1993, 1994, 1996, 1998, 1999 faiblement corrélées à l'axe 1, et le nombre de foyers. Aussi, l'année 1993 est très corrélée à l'axe F1.

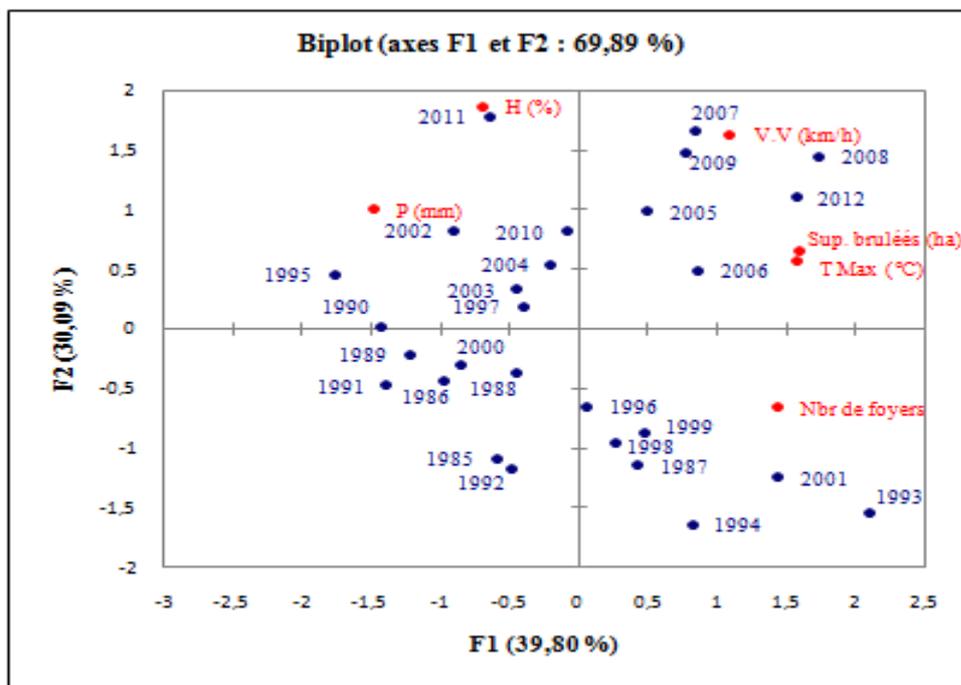


Figure 37 – Représentation graphique des points individus (années) dans le plan factoriel 1-2

#### IV.2.2.3. L'analyse statistique univariée (ANOVA) :

Il ressort de l'analyse en composante principale (ACP) obtenu que, le facteur le plus dominant soit la température maximale (0,738), ce qui nous a permis d'effectuer une analyse ANOVA à un critère de classification ( $AV_1$ ).

Pour comparer les moyennes du nombre des départs de feux et de la superficie incendiée, nous avons utilisé le test d'analyse de la variance à un critère de classification modèle fixe ( $AV_1$ ) et nous avons considéré les quatre possibilités suivantes en fonction des valeurs de la probabilité  $p$  :

- ✓ Si  $p > \alpha = 0,05$  ; il n'existe pas de différences significatives entre les moyennes (N.S.).
- ✓ Si  $p \leq \alpha = 0,05$  ; il existe des différences significatives entre les moyennes (\*).
- ✓ Si  $p \leq \alpha = 0,01$  ; il existe des différences hautement significatives entre les moyennes (\*\*).
- ✓ Si  $p \leq \alpha = 0,001$  ; il existe des différences très hautement significatives entre les moyennes (\*\*\*) .

**Tableau 20.** Comparaison entre les valeurs moyennes des températures maximales et celles des superficies brûlées et le nombre de foyers (Période 1985 – 2012)

Variabes	ddl	SCE	CM	F <sub>obs</sub>	P
Sup. brûlées (ha)	372	1827508602,788	4912657,534	2,015	< 0,0001 ***
Nbr de foyers	372	424416,17	1140,904	0,825	< 0,990 (N.S)

ddl : nombre de degrés de liberté

SCE : somme des carrés des écarts

CM : carré moyen

F<sub>obs</sub> : valeur observée de la variable F de FISHER

P : probabilité de mettre en évidence des différences significatives

L'analyse des résultats du tableau cité ci-dessus montre qu'il existe des différences très hautement significatives des superficies brûlées en fonction des températures maximales. Au contraire du nombre de foyers qu'il n'existe aucune différence significative, ce qui a jugé que le nombre de foyers est proportionnelle corrélé aux superficies incendiées.

Quant à l'analyse de la variance concernant les années et les 6 variables étudiées, montre qu'il existe des différences hautement significatives, excepté les moyennes de l'indice de l'humidité relative qui ne présente pas de différence significative (tableau 21).

**Tableau 21.** Comparaison entre les valeurs moyennes de chacune des 6 caractéristiques mesurées pour la période (1985 – 2012)

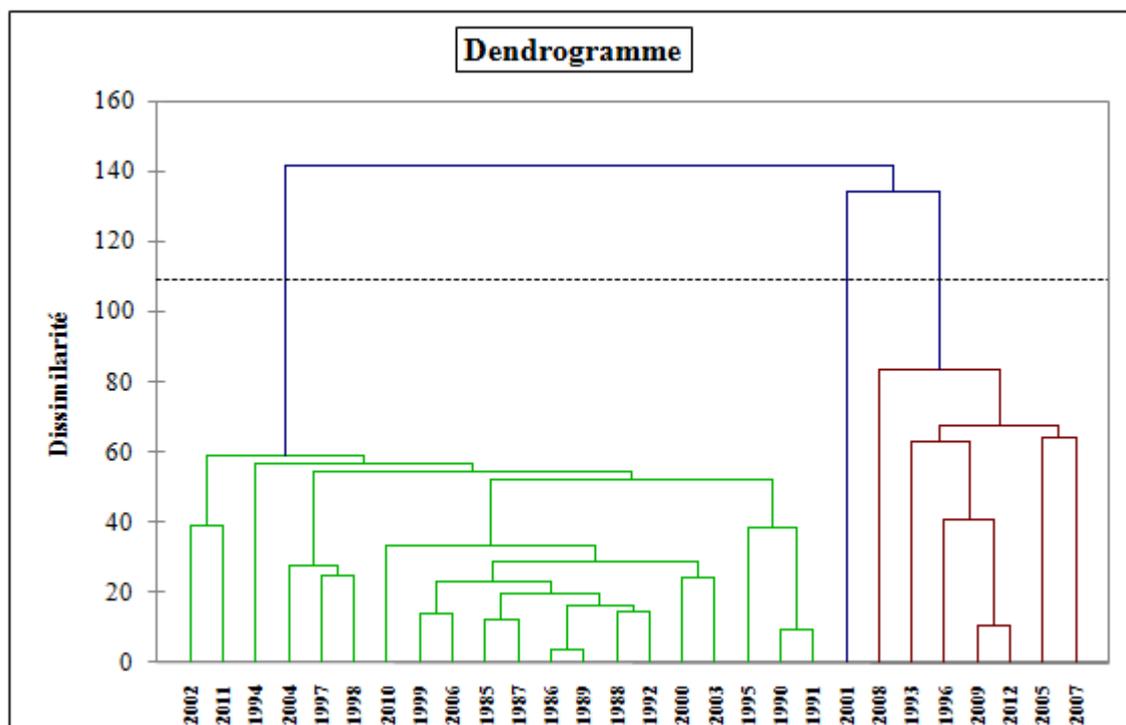
Variabes	ddl	SCE	CM	F <sub>obs</sub>	P
Sup. brûlées (ha)	27	320547119,794	11872115,5	4,302	< 0,0001 ***
Nbr de foyers	27	160876,034	5958,372	4,302	< 0,0001 ***
Précipitations (mm)	27	243755,266	9027,973	1,781	0,008 **
T Max (°C)	27	2110,517	78,167	3,802	< 0,0001 ***
Humidité relative (%)	27	7499,074	277,743	1,132	0,291 N.S
Vitesse de vent (km/h)	27	2490,767	92,251	3,346	< 0,0001 ***

#### IV.2.2.4. L'analyse hiérarchique :

Le regroupement des 28 individus (années) a été effectué en fonction des moyennes des données de l'ensemble des 6 variables caractéristiques observées dans les 15 départements étudiés. Ce regroupement qui est fait au moyen d'un dendrogramme, obtenu à l'aide de la méthode du lien simple et la distance carrée de *Pearson* permet de distinguer 3 classes et 10 groupes homogènes qui sont donnés par le tableau 22 et la figure 38.

**Tableau 22.** Groupes des années homogènes obtenus par l'analyse hiérarchique sur l'ensemble de 28 ans (1985 – 2012)

Groupes	Années
1 <sup>er</sup>	2002, 2011
2 <sup>ème</sup>	1997, 1998
3 <sup>ème</sup>	1999, 2006
4 <sup>ème</sup>	1985, 1987
5 <sup>ème</sup>	1986, 1989
6 <sup>ème</sup>	1988, 1992
7 <sup>ème</sup>	2000, 2003
8 <sup>ème</sup>	1990, 1991
9 <sup>ème</sup>	2009, 2012
10 <sup>ème</sup>	2005, 2007



**Figure 38** – Dendrogramme du regroupement des 28 ans à l'aide de la méthode du lien simple et la distance carré de Pearson

**Conclusion :**

Le climat constitue l'un des facteurs qui influe le comportement des incendies de forêts, notamment les températures maximales, les précipitations et l'humidité qui déterminent la rapidité du dessèchement des végétaux et donc le risque des incendies au cours de la période sèche de l'année.

Avec la chaleur et le manque d'eau, le vent est un facteur climatique important en accélérant la combustion et favorisant la propagation et la gravité des incendies.

L'étude statistique des paramètres d'analyse durant la période (1985 – 2012) a mis en évidence une forte corrélation significative positive en fonction des températures maximales et négative avec les précipitations.

# Conclusion générale

### **Conclusion générale :**

Les incendies de forêts représentent une des perturbations majeures auxquelles sont soumis les écosystèmes naturels. La forêt algérienne a subi, dès l'indépendance à nos jours, des incendies catastrophiques où elles ont ravagé à elles seules l'équivalent de 1 690 636,87 ha soit 1,95 % chaque année.

A l'instar du pays, l'Est-algérien n'épargne pas de ce chiffre. Les superficies parcourues par le feu pendant une période de 28 ans (1985 – 2012) ont été estimées à 569 671,33 ha avec un nombre de foyers s'élevant à 24 141 incendies soit un tiers de la superficie incendiée en Algérie.

L'année 1994 figure la plus touchée par le feu avec un record de 151 845,62 ha et le mois estival qui a enregistré le plus grand nombre d'incendies (47,20 %) et la plus grande surface brûlée (357 917,2 ha) est le mois d'Août.

L'examen du bilan de la période (1985 – 2012) fait ressortir que les plus grandes surfaces parcourues par le feu sont les formations forestières, et la tanche supérieure à 500 ha est la plus touchée par les incendies de forêts.

L'Algérie orientale est caractérisée par un climat diversifié allant de l'humide sur le littoral à l'aride dans l'Atlas saharien, ceci s'explique par sa position dans la rive sud de la Méditerranée et son aspect orographique.

L'analyse des données climatiques révèle que les différentes caractéristiques climatiques des 15 stations définies ont subi quelques changements, dans leur évolution mensuelle, intra-annuelle et interannuelle, au cours des 28 années d'observation.

Notre étude nous a permis de mettre en évidence que le climat est constitué l'un des facteurs qui influe le comportement des incendies de forêts, notamment les températures maximales, les précipitations et l'humidité qui déterminent la rapidité du dessèchement des végétaux et donc le risque des incendies au cours de la période sèche de l'année.

Avec la chaleur et le manque d'eau, le vent est un facteur climatique important en accélérant la combustion et favorisant la propagation et la gravité des incendies.

L'analyse statistique des données pour la période (1985 – 2012) montre l'existence d'une corrélation significative positive entre les superficies brûlées mensuelles et les températures maximales mensuelles et négative avec les précipitations.

L'hypothèse selon laquelle il existe une relation entre le régime bioclimatique et la croissance des incendies forestiers semble être confirmée à plusieurs échelles temporelles. Donc, il y a une relation universellement positive entre l'incidence des feux et l'augmentation des températures maximales.

A la lumière de cette étude, nous recommandons vivement aux responsables forestiers d'intégrer l'élément base de données qui serait intéressant, afin d'aboutir à un diagnostic de ce fléau. Il serait alors vital d'intégrer les résultats ainsi obtenus dans les futurs plans de gestion.

La création et la gestion d'une base de données permettent d'obtenir des chiffres et des statistiques fiables sur les feux, afin d'améliorer la connaissance du phénomène, d'orienter les choix techniques et économiques à effectuer en matière de prévention et de lutte, d'évaluer les conséquences et de les analyser.

Les analyses des informations stockées dans la base permettent :

- ✓ de mettre en évidence des phénomènes (surfaces brûlées, nature des causes d'incendie) et leurs évolutions au cours des années.
- ✓ d'expliquer ces phénomènes et leurs évolutions.
- ✓ de disposer ainsi d'éléments objectifs pour définir les politiques de prévention, de prévision et de lutte.
- ✓ d'informer tous les échelons hiérarchiques.
- ✓ de communiquer vers la population.

Enfin, la prévention plus que la lutte doit jouer un rôle primordial. Des études scientifiques doivent être menées et poursuivies, afin de déterminer et de cartographier le degré de sensibilité des différents peuplements forestiers et de gérer cette information par des nouvelles techniques (S.I.G).

La prévision devra aussi tenir compte des facteurs socio-économiques locaux, d'intégrer les populations riveraines aux activités forestières (travaux sylvicoles, travaux d'entretien des pistes et des pare-feu, implantations fruitières, activités pastorales mise en défens).

# Références bibliographiques

**Références bibliographiques**

1. ABDESSAMED, K., 1981. Le cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) dans les massifs de l'Aurès et du Bélezma : Etude phytosociologique, problème de conservation et d'aménagement, Thèse doc. Ing., Université Aix-Marseille, 200 p.
2. ALBRECHT, R., 2007. Co-compostage de boues de station d'épuration et de déchets verts : Nouvelle méthodologie du suivi des transformations de la matière organique, Thèse doctorat, Université Cézanne Aix-Marseille III, p 89.
3. ALEXANDERIAN, D., & ESNAULT, F., 1998. Politiques nationales ayant une incidence sur les incendies de forêt dans le Bassin Méditerranéen, réunion FAO, Rome, 15 p.
4. AMMARI, M., 2011. Etude de la dimension fractale du front dans un système désordonné binaire : Application aux feux de forêt, Mémoire Magister, Université Mohamed Mokhtar Oran. 90 p.
5. ARFA A., 2008. Les incendies de forêt en Algérie : stratégie de prévention et plan de gestion, Mémoire Magister, Université Constantine 1 ex Mentouri, pp. 41 – 54.
6. BEKDOUCHE, F., 2010. Evolution après feu de l'écosystème subéraie de Kabylie (Nord-algérien), Thèse doctorat, Université Tizi-Ouzou, pp. 14 – 16.
7. BENDERRADJI, M.H., ALATOU, DJ., & ARFA, A.M.T., 2004. Bilan des incendies de forêt dans l'extrême Nord-est algérien : le cas de Skikda, Annaba et El Taref, *Forêt Médit.*, t. XXV, n° 3, novembre 2004 : pp. 211 – 218.
8. BNEDEP (Bureau National des études du développement rural), 2009. Plan National de Développement Forestier (PNDF). Alger
9. BOWMAN et al., 2009 in ZUMBRUNNEN T., 2010. Fire in the earth system. *Science*, 324 : pp. 481 – 484.
10. BRETON, T., & DUTHEN, Y., 2008. Les simulations de propagation de feu en milieu urbain, hal-00287987, Version 1, du 13 Juin 2008, 40 p.
11. BRUNELLE, E., 2007. Analyse et calibration d'un modèle multi-échelle pour la simulation de feux de forêt, Mémoire Maître en Science, Université de Montréal, Canada, pp. 6 – 9.
12. CHERRAD, S.E., 1993. L'organisation de l'espace rural en Algérie du Nord-est, Espace rural, N° 32, Université Paul Valéry, Montpellier, 180 p.
13. CHETEHOUNA, K., 2002 in COURTY, L., 2012. Contribution à la métrologie des feux de végétation, Thèse Doctorat, Institut National Polytechnique de Lorraine.

14. COLLIN, A., 2009. Contribution à l'étude de la propagation des feux de forêts : Influence de la végétation sur la dynamique du feu, Mémoire Master, Université de la Réunion, Madagascar. p 8.
15. COURTY, L., 2012. Etude de l'émission et des propriétés de combustion des composés organiques volatils potentiellement impliqués dans les feux de forêts accélérés, Thèse doctorat, hal-00766040, version 1 du 17 déc 2012, pp. 36 – 41.
16. DIRECTION GENERALE DE FORETS (D.G.F), 1997. Avant projet de la loi du code forestier, Alger, 25 p.
17. DIRECTION GENERALE DES FORETS (D.G.F), 2004. Programme d'Action National sur la lutte contre la désertification. M. A. D. R, 104 p.
18. DJELLOULI, Y., 1990. Flores et climats en Algérie septentrionale : Déterminismes climatiques de la répartition des plantes, Thèse doctorat, USTHB, Alger, 210 p.
19. DUBIEF, J., 1953. Essai sur l'hydrologie superficielle au Sahara, GGA, Direction du Service de la Colonisation et de l'Hydraulique, Service des Etudes Scientifiques, Alger, 457 p.
20. EMSALEM, R., 1970. Climatologie générale. Ed., SNED, tome 1. Alger, pp. 24 – 31.
21. F.A.O., & CEMAGREF, 2001. Protection des forêts contre l'incendie : Fiche technique pour les pays du bassin méditerranéen, Cahier F.A.O., conservation N° 36, Rome, 29 p.
22. GAETAN, L., 2007. Introduction à la pyrologie forestière : Cours gestion du feu en forêt section A et B. 77 p.
23. GHARZOULI, R., 1989. Contribution à l'étude de la végétation de la chaîne des Babors : Analyse phytosociologique des Djebels Babor et Tababort, Thèse Magister, Université de Sétif, 235 p.
24. GLACON, J., 1967. Recherche sur la géologie et les gîtes métallifères du tell Sétifien (Algérie), Bulletin de géologie, N° 32, t. I, 16 p.
25. HADJIAT K., 1997. Etat de dégradation des sols en Algérie, Rapport d'expert PNAE, Banque Mondiale, 45 p.
26. MACKENZIE A., S., BALL, A., & R. VIRDEE S., 2000. L'Essentiel en Ecologie. Ed., BERTI, Paris, pp. 30 – 32.
27. MARGERIT, J., 1998. Modélisation et simulations numériques de la propagation de feux de forêts, Thèse doctorat, INPL., France, 288 p.

28. MARRE, A., 1992. Le Tell oriental algérien : de Collo à la frontière Tunisienne. Etude géomorphologique, O.P.U., Alger, Vol 1 et 2, 624 p.
29. MEBARKI, A., 2005. Hydrologie des bassins de l'Est-algérien : ressources en eaux, aménagement et environnement, Thèse doctorat, Université Constantine 1 ex Mentouri, pp. 09 – 38.
30. MEBARKI, A., 2010. Apport des cours d'eau et cartographie du bilan hydrographique : cas des bassins de l'Algérie Orientale, Sécheresse 2010, vol 21, n° 4, p 302.
31. MEDDOUR-SAHER O., 2008. Analyse des feux de forêts en Algérie sur le temps long (1876 – 2007), les notes d'analyse du CIHEAM, n° 39 (Sep 2008), 10 p.
32. MEDDOUR-SAHER O., 2012. Bilans des feux de forêts en Algérie : Analyse spatio-temporelle et cartographie du risque (période 1985 – 2010), Sécheresse, vol. 23, n° 2, pp. 133 – 141.
33. MEGREROUCHE, R., 2005. Sensibilité de la végétation forestière aux incendies. Cas de la forêt domaniale de Chettaba (Constantine), Mémoire Magister, Université Constantine 1 ex Mentouri, pp. 2 – 25.
34. MINISTERE DE L'AMENAGEMENT DU TERRITOIRE ET DE L'ENVIRONNEMENT (MATE), 2003. Evaluation des besoins en matière de renforcement des capacités nécessaires à l'évaluation et la réduction des risques menaçant les éléments de la diversité biologique en Algérie, bilans des expertises, tome VII, pp. 12 – 13.
35. N. KASBADJI M., 1999. Carte des vents de l'Algérie. *Rev. Energ. Ren. : Valorisation* (1999), pp. 209 – 214.
36. NEDJRAOUI D., 2001. Profil fourrager de l'Algérie. Université des Sciences et de la Technologie, Houari Boumediene, Alger. 30 p.
37. RAHAM, D., 2001. Les structures spatiales de l'Est-algérien : les maillages territoriaux, urbains et routiers. Mémoire Doctorat d'Etat. Université Constantine 1 ex Mentouri, pp. 12 – 14.
38. RAMADE, F., 1984. Elément d'écologie fondamentale. Ed., Mc GRAW-HILL, Paris, 397 p.
39. SABI, F., 2010. Etude de l'effet de variation du vent sur la propagation d'un front de feu, Mémoire Magister, Université d'Oran. 89 p.
40. SARDOY, N., 2007 in COURTY, L., 2012. Transport et combustion de particules générées par un feu de végétation, Thèse doctorat, Université de Provence.

41. TABET, S., 2008. Le changement climatique en Algérie orientale et ses conséquences sur la végétation forestière, Mémoire Magister, Université Constantine 1 ex Mentouri, 125 p.
42. TRABAUD L., (1976). Inflammabilité et combustibilité des principales espèces des garrigues de la région Méditerranéenne. *Oecol*, pp. 117 – 136.
43. TIR, K., 2008. Climagramme d'EMBERGER : analyse et correction dans quelques stations météorologiques de l'Est-algérien, Mémoire Magister, Université Constantine 1 ex Mentouri, 99 p.
44. ZUMBRUNNEN T., 2010. Le régime des incendies de forêt en Valais : influences climatiques et anthropiques. *Schweiz Z Forstwes* 161 (2010), n° 11 : pp. 442 – 449.

Annexe

Tableau 01. Répartition des précipitations en mm dans les 15 stations (période 1985 – 2012).

	O.E.B	Batna	Béjaia	Biskra	Tébessa	Jijel	Sétif	Skikda	Annaba	Guelma	Constantine	M'sila	B.B.A	El Taref	S. Ahras
1985	181	135	141	15	110	86	92	65	70	82	73	3	131	97	95
1986	118	107	183	33	135	116	133	144	166	146	114	10	77	155	86
1987	228	134	91	15	104	190	81	60	66	34	117	5	97	94	322
1988	182	68	114	33	121	123	89	78	65	88	110	37	61	120	266
1989	150	216	128	41	136	101	163	129	124	156	142	14	124	177	90
1990	115	153	73	37	234	126	96	142	57	114	71	13	95	56	562
1991	159	88	280	51	234	278	147	175	165	172	145	70	198	223	360
1992	168	135	75	34	125	152	141	82	62	81	82	22	115	163	582
1993	72	29	115	04	48	126	143	128	119	86	45	00	104	110	261
1994	130	75	209	105	84	215	143	165	78	113	122	32	235	132	62
1995	242	135	130	33	273	147	146	139	132	146	109	16	119	223	39
1996	103	65	137	26	105	203	77	155	101	61	103	04	75	157	231
1997	305	173	326	37	157	247	133	289	274	223	141	102	122	255	137
1998	145	67	141	19	165	168	168	143	160	183	135	64	90	130	183
1999	181	101	77	31	92	30	46	67	74	67	126	33	147	53	105
2000	108	92	96	32	183	103	133	117	149	98	116	72	101	141	138
2001	96	76	62	16	76	48	81	72	65	75	138	63	104	13	101
2002	194	122	238	23	248	221	110	174	178	117	97	46	92	235	198
2003	138	150	200	49	165	217	188	165	104	121	122	118	167	142	92
2004	149	144	80	15	171	172	75	102	142	157	98	35	154	166	176
2005	80	79	67	16	206	98	107	125	47	61	45	30	115	59	72
2006	80	71	82	26	91	121	78	101	97	47	59	20	79	88	117
2007	78	100	232	37	183	236	168	165	193	111	119	15	151	225	179
2008	169	159	218	59	49	116	185	153	107	73	111	75	195	146	132
2009	104	94	253	75	135	256	113	204	183	249	193	38	119	240	249
2010	95	64	219	31	143	317	101	204	146	126	112	28	138	186	106
2011	188	183	169	111	286	248	281	120	156	239	137	93	163	200	224
2012	83	44	153	17	138	280	87	184	119	130	88	28	88	150	82

Tableau 02. Répartition des températures maximales absolues en °C dans les 15 stations (période 1985 – 2012).

	O.E.B	Batna	Béjaia	Biskra	Tébessa	Jijel	Sétif	Skikda	Annaba	Guelma	Constantine	M'sila	B.B.A	El Taref	S. Ahras
1985	28,2	29,1	25,5	36,0	30,4	25,4	29,0	26,0	28,3	32,9	29,7	33,6	29,5	26,4	29,9
1986	31,0	28,5	25,5	35,5	29,6	25,5	29,0	26,0	28,6	32,0	29,2	33,0	28,9	26,9	27,9
1987	31,5	30,3	27,9	37,2	31,9	27,8	30,1	27,3	30,0	33,8	31,5	34,4	30,4	29,0	31,5
1988	30,0	30,3	27,3	36,1	30,3	27,9	29,3	26,2	29,2	32,3	30,2	33,9	29,6	25,2	29,9
1989	28,9	29,5	27,1	37,1	29,2	27,7	27,8	26,0	28,2	31,5	28,9	31,7	28,4	26,2	28,7
1990	30,2	30,5	27,7	36,2	30,5	28,3	29,2	26,7	29,3	32,8	30,6	33,5	29,4	27,6	30,0
1991	29,4	30,1	27,3	36,0	29,7	28,3	27,9	26,1	28,8	31,4	29,0	32,9	28,5	27,0	28,8
1992	29,1	29,7	26,5	35,2	29,6	27,0	27,7	25,4	28,1	31,4	29,1	32,5	27,7	27,7	28,7
1993	31,0	31,5	26,9	36,6	31,4	27,6	29,3	26,2	28,9	32,5	30,6	33,1	29,0	26,5	30,1
1994	29,7	31,3	28,3	36,4	30,9	29,3	29,5	27,7	31,9	33,4	31,1	34,4	29,5	28,5	30,5
1995	27,9	29,6	27,8	35,4	29,2	27,4	28,1	26,0	28,1	31,6	29,5	33,1	28,5	28,0	28,6
1996	28,1	28,9	26,3	34,7	28,8	26,4	26,9	25,6	27,5	30,3	28,0	32,1	27,2	27,2	27,8
1997	29,6	30,5	27,9	34,9	30,3	28,2	27,7	27,0	28,9	32,1	30,1	33,9	28,8	28,5	29,4
1998	30,2	30,9	27,7	36,1	30,3	28,3	28,4	27,6	28,6	32,2	30,5	33,8	28,7	28,1	29,4
1999	32,1	33,0	29,3	35,6	32,1	29,7	30,1	28,6	29,9	34,0	32,0	35,2	29,8	29,7	31,6
2000	30,0	30,9	27,5	35,8	29,9	28,9	28,4	27,9	29,2	32,2	30,3	33,5	29,0	29,3	29,6
2001	31,9	32,7	28,6	37,9	32,3	29,7	30,4	28,5	29,7	34,0	31,9	35,0	31,1	29,6	31,0
2002	30,5	31,0	27,4	36,2	30,3	28,0	29,3	27,5	28,8	32,8	30,8	33,2	29,8	28,1	29,9
2003	31,3	31,9	30,0	37,2	31,3	30,5	29,8	29,5	31,6	34,2	31,6	34,5	30,4	31,0	31,5
2004	30,6	31,5	29,4	36,5	31,3	29,5	30,0	27,7	30,1	33,1	30,9	34,2	30,2	29,6	30,3
2005	30,7	31,8	31,5	36,8	31,1	28,7	29,6	27,6	29,5	32,6	30,5	35,0	30,8	29,2	29,2
2006	30,8	31,8	34,1	36,6	32,0	29,4	29,9	28,4	30,0	33,6	31,5	36,0	31,7	29,5	29,9
2007	30,7	31,7	32,3	36,7	32,0	28,5	29,6	27,3	28,4	32,9	30,6	34,3	30,9	28,0	29,1
2008	30,2	31,0	33,0	36,4	32,4	28,7	29,2	27,7	29,0	32,9	30,7	34,0	30,7	28,6	29,0
2009	30,1	31,3	32,4	36,7	31,4	29,1	29,8	27,6	29,1	32,5	30,2	35,0	31,6	29,0	28,6
2010	30,0	31,2	32,5	36,5	29,6	28,3	29,4	27,1	28,9	32,5	30,4	34,6	31,2	28,4	29,0
2011	29,9	31,9	31,8	36,4	31,4	29,1	29,9	27,5	28,7	32,5	30,9	34,6	31,3	28,4	28,5
2012	32,4	33,5	34,6	36,6	33,9	30,0	32,1	28,4	30,4	34,9	32,9	36,7	33,3	29,6	31,1

Tableau 03. Répartition de l'humidité relative en pourcentage (%) dans les 15 stations (Période 1985 – 2012).

	O.E.B	Batna	Béjaia	Biskra	Tébessa	Jijel	Sétif	Skikda	Annaba	Guelma	Cne	M'sila	B.B.A	El Taref	S.Ahras
1985	46,2	41,6	79,3	30,2	45,2	79,2	48,9	76,8	74,3	55,1	55,1	37,6	40,8	74,3	45,2
1986	48,0	45,4	73,6	32,6	49,2	77,4	51,1	78,8	72,2	54,6	54,6	37,7	43,0	72,2	49,2
1987	38,5	40,8	73,3	27,9	42,6	72,4	46,8	73,5	73,3	51,3	51,3	38,1	40,3	73,3	42,6
1988	40,5	45,4	75,5	33,0	46,3	73,4	44,0	77,7	67,4	53,4	53,4	33,7	39,5	67,4	46,3
1989	49,5	46,4	75,4	34,8	50,3	73,8	51,6	76,5	67,9	57,7	57,7	44,6	49,0	67,9	50,3
1990	47,9	45,3	75,6	30,6	50,0	75,5	48,8	73,9	70,7	54,8	54,8	41,1	42,0	70,7	50,0
1991	47,3	42,9	74,2	32,0	50,1	73,6	51,4	71,6	73,1	58,7	58,7	40,0	48,4	73,1	50,1
1992	45,3	45,1	72,6	31,6	45,5	76,4	49,4	71,1	71,6	58,1	58,1	40,5	44,4	71,6	45,5
1993	43,5	43,5	74,4	29,5	39,9	75,4	44,4	70,1	71,8	51,6	51,6	41,0	42,2	71,8	39,9
1994	41,7	34,0	72,0	35,4	42,8	67,3	44,7	68,9	68,2	53,4	53,4	42,9	43,9	68,2	42,8
1995	51,1	55,8	75,2	35,4	50,6	65,1	48,3	71,9	73,9	54,8	56,9	46,2	46,1	71,9	47,5
1996	51,9	47,5	73,8	34,5	44,5	66,5	49,3	69,1	69,1	63,0	58,4	48,0	49,9	70,8	62,3
1997	45,5	33,9	74,3	33,4	52,0	66,0	49,6	71,9	71,8	54,2	56,1	45,4	51,1	71,2	56,2
1998	37,9	30,7	76,1	31,2	45,5	73,9	45,7	70,0	68,9	55,1	55,1	47,3	47,9	68,9	45,5
1999	40,6	35,7	72,9	30,4	43,2	69,5	42,9	69,9	68,2	52,1	52,1	47,2	44,7	68,2	43,2
2000	43,9	46,8	74,2	32,5	48,1	73,4	45,4	71,5	69,7	53,9	53,9	43,5	43,8	69,7	48,1
2001	41,6	34,3	72,7	31,7	41,9	69,4	42,2	72,1	70,1	52,6	52,5	37,2	40,6	69,2	51,7
2002	51,0	34,9	75,9	31,6	49,9	73,0	44,3	75,5	70,8	56,8	53,0	40,9	43,2	69,2	50,9
2003	40,5	40,8	73,6	33,5	48,2	70,1	50,2	70,4	69,8	55,2	52,6	43,1	45,8	67,5	45,9
2004	46,9	60,0	72,6	33,4	49,7	71,2	52,0	73,8	71,2	59,9	55,8	45,4	45,4	67,6	50,8
2005	47,8	45,4	75,5	34,6	52,1	70,5	49,3	73,7	72,8	61,4	56,5	45,7	45,7	68,2	56,9
2006	42,4	34,5	71,5	31,8	50,2	68,2	45,1	69,0	70,6	56,2	53,9	45,7	45,7	70,3	50,0
2007	48,3	47,9	75,1	31,7	52,1	73,8	50,3	73,0	75,2	59,3	60,1	49,0	51,0	71,3	54,0
2008	47,4	47,5	75,5	36,1	53,4	65,9	54,3	72,9	73,7	58,1	60,1	44,5	51,7	72,2	56,4
2009	47,0	34,7	77,0	34,0	54,2	64,6	51,0	67,6	73,2	60,9	59,7	39,2	48,9	73,6	55,9
2010	48,6	42,6	77,4	34,9	51,2	74,2	50,2	67,5	72,2	49,5	55,1	37,2	48,2	77,4	53,9
2011	49,4	56,5	78,0	35,7	54,6	71,7	50,6	68,6	73,6	52,4	54,0	38,4	50,2	75,3	57,4
2012	43,2	44,0	75,1	28,0	46,4	71,0	46,1	67,3	78,6	47,4	46,4	30,4	39,9	76,2	50,1

Tableau 04. Répartition des vitesses du vent en km/heure dans les 15 stations (période 1985 – 2012).

	O.E.B	Batna	Béjaia	Biskra	Tébessa	Jijel	Sétif	Skikda	Annaba	Guelma	Constantine	M'sila	B.B.A	El Taref	S. Ahras
1985	25,0	25,0	26,8	28,3	23,8	13,7	20,9	17,0	25,8	22,6	22,6	25,8	23,8	25,8	23,8
1986	22,1	22,1	27,7	27,8	24,9	15,6	22,1	19,6	39,2	26,7	26,7	26,0	28,9	39,2	24,9
1987	28,3	28,3	27,2	29,9	25,9	15,9	23,9	17,3	34,2	24,5	24,5	27,2	25,7	34,2	25,9
1988	28,9	28,9	22,0	29,5	27,2	18,9	22,9	19,0	33,8	25,5	25,5	25,8	25,8	33,8	27,2
1989	25,0	25,0	19,1	28,3	25,3	17,8	20,6	17,9	31,6	22,7	22,7	23,6	23,0	31,6	25,3
1990	25,7	25,7	18,4	28,5	23,4	20,1	21,5	18,9	33,0	22,4	22,4	24,3	25,0	33,0	23,4
1991	25,5	25,5	18,8	29,6	22,2	16,9	20,6	15,8	31,1	22,7	22,7	28,0	21,1	31,1	22,2
1992	27,9	27,9	17,3	34,4	24,6	19,5	20,7	16,5	33,4	24,2	24,2	24,6	22,8	33,4	24,6
1993	28,5	28,5	18,8	30,7	26,9	17,3	22,5	21,5	33,3	25,2	25,2	27,5	24,1	33,3	26,9
1994	29,2	29,2	19,1	29,3	25,1	19,2	22,1	24,6	32,5	21,1	21,1	24,4	19,2	32,5	25,1
1995	30,7	30,1	20,0	29,9	25,9	18,0	20,9	24,8	32,9	24,7	21,6	25,1	23,3	32,1	25,9
1996	15,9	28,2	18,9	29,8	26,3	19,4	21,8	21,5	32,8	18,2	22,7	16,0	23,0	15,5	24,2
1997	27,4	29,5	19,4	31,5	26,1	22,3	20,5	19,5	31,8	21,0	23,7	26,4	23,3	26,9	30,3
1998	29,5	29,5	18,8	29,9	25,4	19,5	19,4	18,1	32,9	21,7	22,6	24,9	23,5	32,9	25,4
1999	30,6	30,6	19,0	32,9	26,5	20,5	20,3	20,3	35,0	25,4	25,4	24,8	26,2	35,0	26,5
2000	33,2	33,2	21,6	32,7	25,6	21,8	20,1	18,5	27,2	25,8	25,8	25,3	25,8	27,2	25,6
2001	21,5	32,5	21,1	36,9	25,8	22,6	19,8	18,4	28,1	17,6	23,3	24,7	20,2	22,3	23,2
2002	20,1	32,8	21,2	30,4	28,7	22,9	28,8	18,9	27,7	19,5	26,3	27,5	18,3	25,7	25,8
2003	21,0	27,0	24,7	28,8	28,2	22,4	28,3	19,9	28,6	20,5	28,2	27,3	19,3	28,6	20,4
2004	20,1	15,1	20,3	28,5	27,7	19,8	28,1	21,1	29,6	18,6	25,7	18,6	18,6	29,6	23,0
2005	20,7	30,5	19,1	30,0	28,2	23,7	28,1	17,9	28,9	18,5	23,2	16,9	16,9	28,9	23,3
2006	21,2	30,8	20,1	32,3	31,2	24,7	29,1	20,2	30,4	20,7	24,7	20,3	20,3	30,4	23,1
2007	21,0	32,1	22,3	28,5	32,3	25,6	29,8	22,6	30,2	20,3	24,7	22,5	20,2	30,2	24,8
2008	19,4	32,6	21,4	32,1	31,6	22,7	26,9	18,1	28,9	19,0	25,5	23,3	16,4	19,4	23,9
2009	21,9	32,4	24,2	27,3	30,7	24,3	26,1	19,4	29,0	17,7	23,2	25,0	15,7	17,3	24,3
2010	25,9	33,5	23,5	29,2	32,4	24,5	26,8	20,6	29,5	16,3	25,7	24,1	17,5	20,2	24,5
2011	21,8	24,9	22,9	29,6	30,0	24,2	24,6	20,2	28,8	15,8	24,4	26,0	17,1	28,8	23,5
2012	21,8	34,0	22,3	25,6	31,6	23,1	26,8	19,5	29,4	16,5	26,3	25,6	20,7	29,4	27,5

Tableau 5. AV1 entre les 6 variables dans les 15 départements sur 28 ans (1985 – 2012)

Wilayas	Variabes	ddl	SCE	CM	F <sub>obs</sub>	P
Oum El Bouaghi	Sup. brulées (ha)	27	123842,322	4586,753	1,377	0,126
	Nbr de foyers	27	392,593	14,540	1,166	0,283
	Précipitations (mm)	27	17025,040	630,471	1,072	0,385
	T Max (°C)	27	174,707	6,471	0,278	1,000
	Humidité relative (%)	27	2062,155	76,376	0,591	0,942
	Vitesse de vent (km/h)	27	2497,799	92,511	11,202	< 0,0001
Batna	Sup. brulées (ha)	27	125586974,7	4651369,4	3,044	< 0,0001
	Nbr de foyers	27	1070295,800	39640,585	5,656	< 0,0001
	Précipitations (mm)	27	11013,070	407,891	0,726	0,831
	T Max (°C)	27	195,691	7,258	0,296	1,000
	Humidité relative (%)	27	2083,716	77,175	0,641	0,908
	Vitesse de vent (km/h)	27	2254,868	83,514	6,363	< 0,0001
Béjaïa	Sup. brulées (ha)	27	146789114	5436633,8	1,182	0,268
	Nbr de foyers	27	41776,143	1547,265	1,685	0,031
	Précipitations (mm)	27	28120,912	1041,515	0,526	0,972
	T Max (°C)	27	945,038	35,001	3,810	< 0,0001
	Humidité relative (%)	27	422,818	15,660	1,522	0,067
	Vitesse de vent (km/h)	27	1063,264	39,380	16,235	< 0,0001
Biskra	Sup. brulées (ha)	27	204379100	7569596,2	0,997	0,479
	Nbr de foyers	27	11,686	0,433	1,054	0,407
	Précipitations (mm)	27	3435,170	127,229	0,805	0,738
	T Max (°C)	27	92,160	3,413	0,139	1,000
	Humidité relative (%)	27	669,732	24,805	0,290	1,000
	Vitesse de vent (km/h)	27	705,667	26,136	1,826	0,015
Tébessa	Sup. brulées (ha)	27	138001,356	5111,161	0,725	0,831
	Nbr de foyers	27	302,743	11,213	1,778	0,020
	Précipitations (mm)	27	21765,927	806,145	0,975	0,508
	T Max (°C)	27	195,529	7,242	0,317	0,999
	Humidité relative (%)	27	2112,606	78,245	0,643	0,907
	Vitesse de vent (km/h)	27	1084,062	40,150	5,383	< 0,0001
Jijel	Sup. brulées (ha)	27	556081163	2059561,5	1,018	0,453
	Nbr de foyers	27	38208,543	1415,131	1,603	0,046
	Précipitations (mm)	27	29702,609	1100,097	0,457	0,989
	T Max (°C)	27	207,633	7,690	1,201	0,250
	Humidité relative (%)	27	2009,614	74,430	6,264	< 0,0001
	Vitesse de vent (km/h)	27	1320,186	48,896	14,932	< 0,0001
Sétif	Sup. brulées (ha)	27	139870,94	5180,405	1,454	0,091
	Nbr de foyers	27	1773,400	65,681	1,173	0,276
	Précipitations (mm)	27	1930471,06	71498,928	2,068	0,004
	T Max (°C)	27	150,543	5,576	0,207	1,000
	Humidité relative (%)	27	1335,044	49,446	0,316	0,999
	Vitesse de vent (km/h)	27	1586,093	58,744	14,396	< 0,0001

Skikda	Sup. brûlées (ha)	27	295255364	10935384	0,931	0,568
	Nbr de foyers	27	22266,886	824,699	1,037	0,428
	Précipitations (mm)	27	14022,075	519,336	0,353	0,999
	T Max (°C)	27	142,378	5,273	1,198	0,253
	Humidité relative (%)	27	1311,883	48,588	4,970	< 0,0001
	Vitesse de vent (km/h)	27	617,367	22,865	8,143	< 0,0001
Annaba	Sup. brûlées (ha)	27	188268947	6972923,9	0,987	0,493
	Nbr de foyers	27	15454,205	572,378	2,283	0,001
	Précipitations (mm)	27	15026,714	556,545	0,567	0,955
	T Max (°C)	27	133,051	4,928	0,723	0,833
	Humidité relative (%)	27	857,294	31,752	2,990	< 0,0001
	Vitesse de vent (km/h)	27	1111,644	41,172	5,131	< 0,0001
Guelma	Sup. brûlées (ha)	27	67251934,7	2490812,4	0,930	0,569
	Nbr de foyers	27	6655,736	246,509	1,016	0,454
	Précipitations (mm)	27	16975,901	628,737	0,635	0,913
	T Max (°C)	27	133,121	4,930	0,307	1,000
	Humidité relative (%)	27	1822,562	67,502	0,786	0,761
	Vitesse de vent (km/h)	27	1381,831	51,179	8,132	< 0,0001
Constantine	Sup. brûlées (ha)	27	2753203,75	101970,50	0,934	0,564
	Nbr de foyers	27	708,171	26,229	1,865	0,013
	Précipitations (mm)	27	5693,359	210,865	0,408	0,996
	T Max (°C)	27	153,104	5,671	0,269	1,000
	Humidité relative (%)	27	1284,060	47,558	0,479	0,985
	Vitesse de vent (km/h)	27	391,271	14,492	3,140	< 0,0001
M'sila	Sup. brûlées (ha)	27	182434,38	6756,829	1,146	0,303
	Nbr de foyers	27	86,193	3,192	1,628	0,041
	Précipitations (mm)	27	5423,810	200,882	1,360	0,135
	T Max (°C)	27	172,046	6,372	0,207	1,000
	Humidité relative (%)	27	2778,796	102,918	0,925	0,576
	Vitesse de vent (km/h)	27	1246,710	46,174	6,784	< 0,0001
Bordj Bou Arréridj	Sup. brûlées (ha)	27	6414475,11	237573,15	1,189	0,261
	Nbr de foyers	27	2440,086	90,374	2,429	0,001
	Précipitations (mm)	27	9127,297	338,048	0,521	0,973
	T Max (°C)	27	252,257	9,343	0,330	0,999
	Humidité relative (%)	27	1848,245	68,454	0,587	0,944
	Vitesse de vent (km/h)	27	1617,401	59,904	13,398	< 0,0001
El Taref	Sup. brûlées (ha)	27	149950156	5553709,5	1,328	0,154
	Nbr de foyers	27	53262,136	1972,672	1,167	0,282
	Précipitations (mm)	27	21228,100	786,226	0,406	0,996
	T Max (°C)	27	223,981	8,296	1,139	0,311
	Humidité relative (%)	27	1005,319	37,234	2,358	0,001
	Vitesse de vent (km/h)	27	4300,654	159,283	15,241	< 0,0001

Souk Ahras	Sup. brûlées (ha)	27	3669923,17	135923,08	1,119	0,331
	Nbr de foyers	27	12587,743	466,213	1,008	0,465
	Précipitations (mm)	27	99302,082	3677,855	4,484	< 0,0001
	T Max (°C)	27	152,794	5,659	0,299	1,000
	Humidité relative (%)	27	3815,554	141,317	1,293	0,177
	Vitesse de vent (km/h)	27	490,321	18,160	2,141	0,003

Tableau 6. AV1 entre les superficies brûlées et les températures maximales pour la période (1985 – 2012)

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Modèle	372	1827508602,788	4912657,534	2,015	< 0,0001
Résidus	1727	4211245605,088	2438474,583		
Total	2099	6038754207,877			

Tableau 7. AV1 entre le nombre de foyers et les températures maximales pour la période (1985 – 2012)

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Modèle	372	424416,172	1140,904	0,824	0,990
Résidus	1727	2391683,715	1384,878		
Total	2099	2816099,887			

# Résumés

**Résumé :**

Afin de mettre en évidence la relation entre le régime bioclimatique et les incendies de forêts, nous avons procédé à l'étude statistique d'une série de données passées de feux de forêts et de paramètres climatiques sur une période allant de 1985 à 2012.

L'examen du bilan des feux de forêts de l'Est-algérien révèle qu'au cours de 28 années passées, les incendies de forêts ont parcouru une superficie globale de 569 671,33 ha avec un nombre de foyers s'élevant à 24 141 incendies. La forêt demeure la plus touchée par ce fléau, et le mois estival qui a enregistré le plus grand nombre d'incendie (47,2 %) et la plus grande surface brûlée (357 917,20 ha) est le mois d'Août.

L'analyse statistique montre l'existence d'une corrélation significative positive entre les superficies incendiées et les températures maximales et négative avec les précipitations.

**Mots-clés :** Est-algérien, feux de forêts, paramètres climatiques, bilan, analyse statistique.

**Abstract :**

To highlight the relationship between the bioclimatic diet and the forest fires, we proceeded to the statistical study of a series of past data of forest fires and climatic parameters over a period going from 1985 till 2012.

The examination of the sheet assessment of the forest fires of East-Algerian revealed that during 28 last years, forest fires browsed a global surface of 569 671.33 ha with a fire-places amounting to 24 141 fires. The forest remains the most affected by this plague and the summer month witch recorded the largest number (47.2 %) and most burned hypermarket (35 7917.20 ha) is August.

The statistical analysis shows the existence of positive significant between the burned-out surfaces and the temperatures and negatively with precipitation

**Keywords :** East-Algerian, forest fires, climate parameters, assessment, statistical analysis

**ملخص:**

لتسليط الضوء على العلاقة بين النظام الحيوي المناخي وحرارة الغابات، قمنا بدراسة إحصائية لسلسلة من حرائق الغابات الماضية ومؤشرات المناخ على مدى فترة ممتدة من عام 1985 إلى عام 2012.

من خلال نتائج حرائق الغابات المسجلة في الشرق الجزائري تبين أنه خلال 28 سنة الماضية، الحرائق التهمت مساحة إجمالية قدرها 569 671.33 هكتار مع عدد من البؤر وصل إلى 24 141 بؤرة حريق، حيث لا تزال الغابات الأكثر تضررا من هذه الأفة على غرار الأشكال الغابية الأخرى وشهر الصيف الذي سجل أكبر عدد من النار (47.2 %) وأكبر مساحة محروقة (357 917.20 هكتار) هو شهر أغسطس.

كما يظهر التحليل الإحصائي وجود علاقة إيجابية هامة بين المساحة المحروقة ودرجات الحرارة القصوى وعلاقة سلبية مع هطول الأمطار.

**الكلمات المفتاحية :** الشرق الجزائري، حرائق الغابات، مؤشرات المناخ، نتائج التحليل الإحصائي