

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

UNIVERSITE de TLEMCCEN

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre et de  
l'Univers

**Département des Ressources Forestières**

*Laboratoire n°31 : Gestion Conservatoire de l'Eau, du Sol et des Forêts et Développement  
Durable des zones montagneuses de la région de Tlemcen*



**MEMOIRE**

Présenté par

**Melle : FEKIH Fatima**

En vue de l'obtention du

**Diplôme de MASTER**

En Foresterie (Ecologie, gestion et conservation de la biodiversité)

**Thème**

**Apport de la Géomatique pour l'étude de la dynamique  
des feux de forêts à Chlef**

Le jury composé de :

Examineur 1	<b>Mr BENCHERIF. K</b>	Professeur	Université de Tlemcen
Examineur 2	<b>Mr BERRICHI. M</b>	Professeur	Université de Tlemcen
Promotrice	<b>Mme RABAH-FISSA. A</b> <b>Née ABDELBAKI</b>	MAA	Université de Tlemcen

**Année Universitaire : 2020 / 2021**

## *Remerciements*

*Avant tout, je tiens à remercier Dieu tout puissant de m'avoir accordé santé, courage, volonté et patience pour traverser les moments difficiles dans l'accomplissement de ce travail à terme.*

*Mes remerciements les plus sincères vont à :*

*Ma promotrice Madame RABAH-FISSA Amina née ABDELBAKI pour sa disponibilité, sa patience, et surtout ses conseils précieux qui ont alimenté ma réflexion et son soutien moral et intellectuel tout au long de ma démarche à la réalisation de ce travail.*

*Mes vifs remerciements vont aux membres de jury qui m'ont apporté leur jugement d'experts :*

*Monsieur le professeur BENCHERIF Kada pour accepter d'examiner ce travail.*

*Monsieur le professeur BERRICHI Mohammed, pour accepter d'être membre au jury, et examiner ce travail.*

*Toute personne qui a participé de près ou de loin afin d'achever la réalisation de ce mémoire soit sincèrement remerciée et tous mes enseignants que j'ai rencontré pendant mes années d'étude, je leur suis reconnaissante pour tout ce que j'ai appris.*

*FEKIH Fatima*

## *Dédicaces*

*Je dédie ce modeste travail comme un geste de ma profonde gratitude à :*

*Ma très chère mère MEGHACHOU Hassiba*

*Que Dieu la garde et la protège, qui m'a arrosé de tendresse et d'espoirs, m'a soutenu à mon côté tant sur le plan moral que financier pour la consécration de mon parcours, m'encourager pour que je puisse mener à bien mes études, et qui a attendu ce jour avec impatience. J'espère qu'elle trouve dans ce travail toute ma reconnaissance et tout mon amour.*

*A la mémoire de mon père Mohammed décédé trop tôt*

*Qu'Allah lui soit clément et miséricordieux*

*Mon grand frère ISMAIL Mohammed Larbi*

*Qui est mon support de ma vie, m'a supporté et m'a dirigé vers la gloire.*

*Ma belle sœur Hanane*

*Source de joie et de bonheur et pour son sacrifice le long de ma formation.*

*A toute ma promotion de 2<sup>ème</sup> année master foresterie (2020/2021) sans exception.*

*Mes dédicaces vont à toute ma famille maternelle et paternelle, mes voisins et voisines qui ont toujours m'a soutenu et encouragé au cours de la réalisation de ce travail.*

*FEKIH Fatima*

# SOMMAIRE

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

	<b>N° page</b>
Introduction	1
 <b>Chapitre I : Synthèse bibliographique</b>  	
I-Les feux de forêts	4
I.1-Définition	4
I.1.1-Le feu	4
I.1.2-L'incendie	4
I.2-Paramètres des feux	4
I.2.1-L'inflammabilité	4
I.2.2-La combustibilité	4
I.3-Comportement du feu (Triangle du feu)	5
I.3.1-Le combustible	5
I.3.2-Le comburant	5
I.3.3-La chaleur	5
I.4-Les modes de propagation du feu	6
I.5-Les formes et les parties d'un feu	7
I.5.1-Les formes d'un feu	7
I.5.2-Les parties d'un feu	7
I.6-Les causes d'incendie	8
I.6.1-Les causes naturelles	8
I.6.2-Les causes humaines	8
I.6.2.1-Les causes humaines involontaires	8
I.6.2.2-Les causes humaines volontaires	10
I.7-Impacts des feux	10
I.7.1-Impacts sur les écosystèmes forestiers	10
I.7.2-Impacts sur l'environnement	11
I.7.3-Impacts socio-économiques	11
II-Géomatique	11
II.1-Système d'information géographique	12
II.1.1-Définition	12
II.1.2-Objectifs généraux des SIG	12
II.1.3-Fonctionnalités des SIG	13
II.1.4-Données des SIG	15
II.2-Télédétection	15

II.2.1-Définition	15
II.2.2-Les processus de la télédétection	15
II.2.3-Les domaines d'application de la télédétection	17
II.3-Les indices spectraux en télédétection	17
II.3.1-The Burn Area Index « BAI »	18
II.3.2-The Normalised Burn Ration « NBR »	19
II.3.3-The Normalised Burn Ratio Thermal « NBRT »	20
II.3.4-The Normalised Difference Vegetation Index « NDVI »	21

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

II.1-Situation géographique et présentation de la Wilaya de Chlef	23
II.1.1-Sur le plan administratif	23
II.1.2-Sur le plan régional	23
II.1.3-Sur le plan physique	23
II.2-Description de la Bande littoral de la Wilaya de Chlef	23
II.3-Description du milieu physique de la bande littorale de la Wilaya de Chlef	25
II.3.1-Topo-morphologie	25
II.3.1.1-Monts du Zaccar	26
II.3.1.2-Monts du Dahra	26
II.3.2-Occupation de sol	27
II.3.3-Caractérisation générale des formations forestières	29
II.3.4-Pédologie	30
II.3.5-Géologie	32
II.3.6-Lithologie	34
II.3.7-Hydrologie	36
II.3.8-Réseau routier	38
II.3.8.1-Description des principaux axes stratégiques du réseau routier	39
II.3.9-Climat	40
II.3.9.1-Facteurs climatiques	40
II.3.9.1.1-Précipitations	40
II.3.9.1.2-Température	41
II.3.9.3-Synthèse climatique	42
II.3.9.4-Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen	42

II.3.9.5-Quotient pluviométrique d'Emberger	44
II.3.10-Cadre socio-démographique	45
II.3.10.1-Evolution globale de la population	45
II.3.10.2-Evolution globale de la densité de la population	46
II.3.10.3-Evolution globale du taux d'accroissement de la population	46

### Chapitre III : Matériels et méthode

III.1-Objectif de l'étude	49
III.2-Matériels et supports utilisés	49
III.2.1-Logiciels informatiques	49
III.2.1.1-Map info 8.0	49
III.2.1.2-ENVI 4.5	49
III. 2.1.3-Excel 2007	50
III.4-Méthodologie du travail	51
III.5-Collecte et acquisition des données	51
III.5.1-Choix des images satellitaires	51
III.5.2-Choix des indices	52

### Chapitre IV: Résultats et discussions

IV. 1-Résultats des indices avant et après incendie	55-59
IV. 2-Résultats de l'évaluation diachronique des zones brûlées	59-64
Conclusion	64
Références bibliographiques	72-77
Annexes	82-85

## Liste des figures

<b>Titre</b>	<b>N° page</b>
Figure 1 : Triangle du feu	5
Figure 2 : Types de feux de forêts	6
Figure 3 : Les différentes formes du feu	7
Figure 4 : Les parties d'un feu	8
Figure 5 : Interface habitat-forêt	9
Figure 6 : Classement des foyers d'incendies par catégories des causes en Algérie	10
Figure 7 : Les principales fonctionnalités d'un SIG	14
Figure 8 : Processus de la télédétection	16
Figure 9 : Le linéaire côtier des communes littorales de la Wilaya de Chlef	24
Figure 10 : La surface côtière des communes littorales de la Wilaya de Chlef	24
Figure 11 : Situation géographique de la marge littorale de la Wilaya de Chlef	25
Figure 12 : Surfaces des communes incluses dans les monts du Zaccar	26
Figure 13 : Surfaces des communes incluses dans les monts du Dahra	27
Figure 14 : Carte d'occupation de sol de la BLWC (BNEDER, 2008)	28
Figure 15 : Occupation des terres au niveau du littoral de la Wilaya de Chlef	29
Figure 16 : Carte des formations forestières de la BLWC (BNEDER, 2008)	29
Figure 17 : Répartition des formations forestières au niveau du littoral de la Wilaya de Chlef	30
Figure 18 : Pédologie de la BLWC (BNEDER, 2008)	31
Figure 19 : Géologie de la BLWC (BNEDER, 2008)	32
Figure 20 : Lithologie de la BLWC (BNEDER, 2008)	35
Figure 21 : Hydrologie de la BLWC (BNEDER, 2008)	37
Figure 22 : Réseau routier de la BLWC (BNEDER, 2008)	38
Figure 23 : Courbe des précipitations mensuelles « 1999-2019 »	40
Figure 24 : Variation des températures mensuelles « 1999-2019 »	42
Figure 25 : Diagramme ombrothermique de la station de Ténès « 1999-2020 »	43
Figure 26 : Climagramme d'Emberger de la station de Ténès « 1999-2019 »	45
Figure 27 : Le logiciel Map-info 8.0, utilisé dans l'étude cartographique	49
Figure 28 : Le logiciel ENVI utilisé dans l'étude diachronique des images satellitaires	50
Figure 29 : Le logiciel Excel utilisé pour la réalisation des graphes	50

Figure 30 : Organigramme récapitulatif de la méthodologie adoptée	51
Figure 31 : Carte de l'indice « BAI » de la BLWC avant incendie (année 2020)	55
Figure 32 : Carte de l'indice « BAI » de la BLWC après incendie (année 2020)	56
Figure 33 : Carte de l'indice « NBR » de la BLWC avant incendie (année 2020)	56
Figure 34 : Carte de l'indice « NBR » de la BLWC après incendie (année 2020)	57
Figure 35 : Carte de l'indice « NBRT » de la BLWC avant incendie (année 2020)	57
Figure 36 : Carte de l'indice « NBRT » de la BLWC après incendie (année 2020)	58
Figure 37 : Carte de l'indice « NDVI » de la BLWC avant incendie (année 2020)	58
Figure 38 : Carte de l'indice « NDVI » de la BLWC après incendie (année 2020)	59
Figure 39 : Carte de l'indice « BAI » de la BLWC (année 2020)	59
Figure 40 : Carte de l'indice « NBR » de la BLWC (année 2020)	60
Figure 41 : Carte de l'indice « NBRT » de la BLWC (année 2020)	61
Figure 42 : Carte de l'indice « NDVI » de la BLWC (année 2020)	62
Figure 43 : Evolution annuelle des superficies brûlées par commune du littoral	63
Figure 44 : Section du Cap de Ténès présentant la bande épaisse noirâtre	64
Figure 45 : Section de la partie sud de la commune d'El Dahra	64



## Liste des tableaux

<b>Titre</b>	<b>N° Page</b>
Tableau 1 : Domaines d'utilisation de la télédétection	17
Tableau 2 : Description de la pédologie du littoral de la Wilaya de Chlef	31,32
Tableau 3 : Description de la géologie du littoral de la Wilaya de Chlef	33,34
Tableau 4 : Localisation de la lithologie du littoral de la Wilaya de Chlef	35,36
Tableau 5 : Caractéristiques des sous bassins inclus dans la bande littorale du Chlef	38
Tableau 6 : Etat du réseau routier	39
Tableau 7 : Les précipitations moyennes mensuelles et annuelles « 1999-2019 »	40
Tableau 8 : Régime pluviométrique saisonnier de la station	41
Tableau 9 : Les températures moyennes mensuelles et annuelles « 1999-2019 »	41
Tableau 10 : Les précipitations et les températures mensuelles « 1999-2019 »	43
Tableau 11 : Indice d'Emberger de la station Ténès	44
Tableau 12 : Evolution de la répartition de la population par commune côtière	45
Tableau 13 : Evolution de la densité de population des communes côtières	46
Tableau 14 : Evolution du taux d'accroissement annuel moyen par commune	46
Tableau 15 : La population supplémentaire des communes littorales	47
Tableau 16 : Caractéristiques de l'image satellitaire 2020	52
Tableau 17 : Caractéristiques des indices spectraux de brûlure	52
Tableau 18 : Les bandes sensibles aux changements de réflectance de chaque indice avant et après incendie	53
Tableau 19 : Statistique de détection de changement entre l'avant et l'après incendie pour le « BAI »	60
Tableau 20 : Statistique de détection de changement entre l'avant et l'après incendie pour le « NBR »	61
Tableau 21 : Statistique de détection de changement entre l'avant et l'après incendie pour le « NBRT »	62
Tableau 22 : Statistique de détection de changement entre l'avant et l'après incendie pour le « NDVI »	63
Tableau 23 : Superficies brûlées en (ha) par commune du littoral (année 2020)	64

## Liste des abréviations

<b>Sigle</b>	<b>Désignation</b>
ABOU EL H	Abou El Hassane
ABHCZ	Agence du Bassin Hydrographique Cheliff Zahrez
B	Bande
BAI	The Burn Area Index
B.L.W.C	Bande littorale de la Wilaya de Chlef
BNEDER	Bureau National des Etudes du Développement Rural
CC	Chemin communale
C.C.T	Centre canadien de télédétection
CEMAGREF	Centre d'étude du machinisme agricole et du génie rural des eaux et des forêts
C.N.L	Commissariat national du littoral
CW	Chemin de Wilaya
DGF	Direction générale des forêts
Dj	Djbel
ENVI	Environnement For Visualizing Images
ETM	Enhanced Thematic Mapper
FAO	Food and Agriculture Organisation
Fig	Figure
HAPE	Hiver, automne, printemps, été
Moy	Moyen
NE	Nord Est
NBR	Normalised Burn Ratio
NBRT	Normalised Burn Ratio Thermal
NDVI	Normalised Difference Vegetation Index
NIR	Near infrared
NW	Nord West
ONS	Office for national statistics
O/B/AEK	Ouled Ben Abdelkader
O/Fodda	Oued Fodda
OLI	Operational Land Imager
O Goussine	Oued Goussine
P	Précipitations
PATWC	Plan d'aménagement du territoire de wilaya de Chlef
R.C.L.C	Rapport cadastre du littoral de Chlef
RN	Route nationale
RGPH	Recensement général de la population et de l'habitat
SDAZM	Schéma directeur d'aménagement des zones de montagnes
Sidi AER	Sidi Abderrahmane
SIG	Système d'information géographique
SW	Sud West
SWIR	Short wave infrared
T	Température

Tab

TM

USGS

UTM

WGS

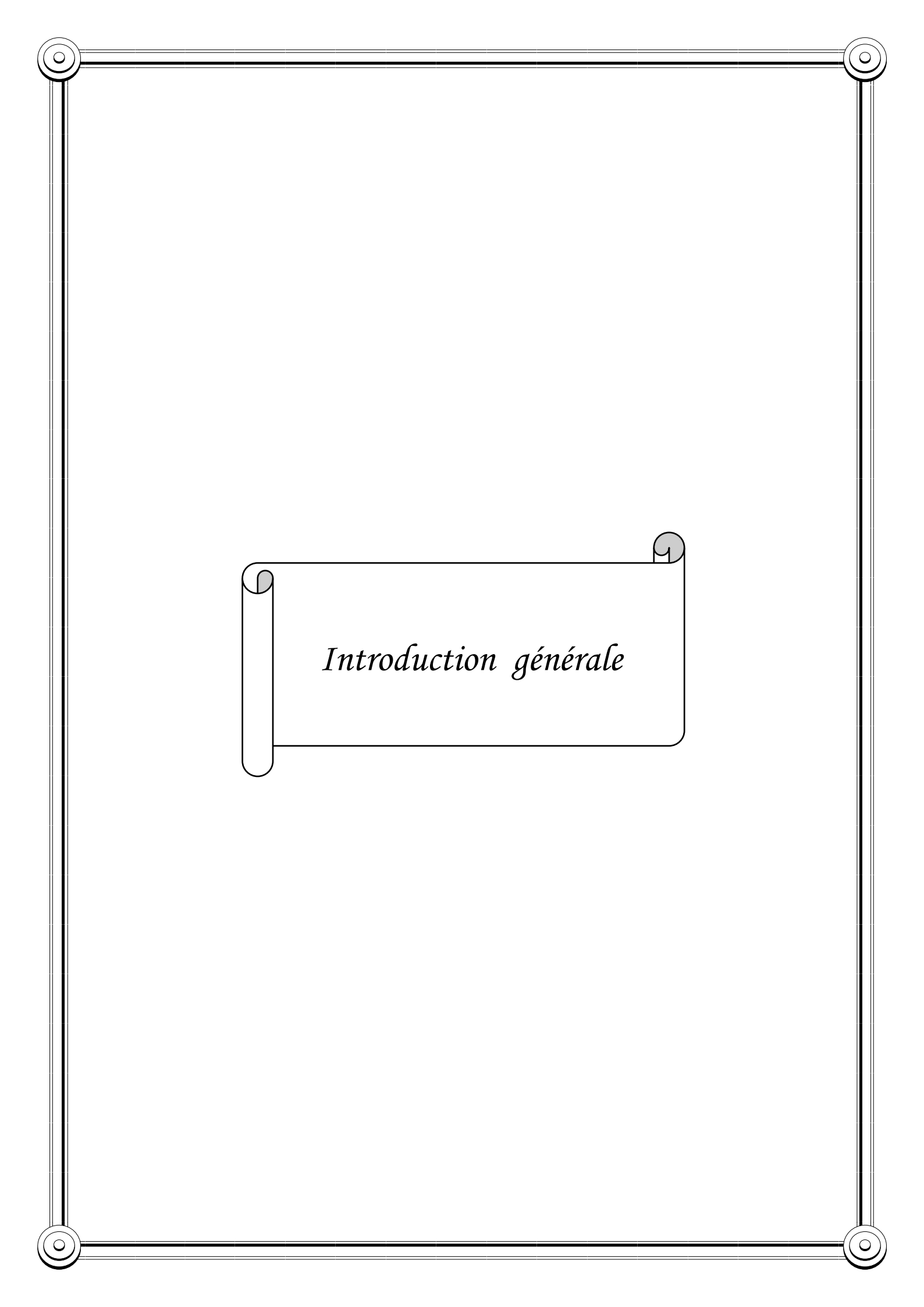
Tableau

Thematic Mapper

United States Geological Survey

Universal Transverse Mercator

World Geodetic System



*Introduction générale*

## INTRODUCTION GENERALE

---

La forêt méditerranéenne est constituée d'écosystèmes complexes, étagés depuis le littoral jusqu'aux limites supérieures de la végétation dans les départements montagneux. Son aménagement aux fins de production, de protection et d'accueil du public suppose donc la disponibilité d'un ensemble de connaissance de base qui fait encore partiellement défaut. Ceci implique des recherches actives et innovantes pour définir la gestion la plus pertinente de la forêt méditerranéenne et apprécier notamment l'impact réel du feu sur les écosystèmes arborés (**Alexandrian et al, 1998**).

**Moulinier (2003)** ajoute que le feu représente le premier péril naturel pour les forêts et les zones boisées du bassin méditerranéen.

Un incendie de forêt est considéré comme une catastrophe écologique, qu'il soit d'origine humaine ou naturelle. Les incendies de forêt ont gravement affecté l'écosystème terrestre et le système atmosphérique de la planète, entraînant la déforestation qui contribue par la suite à plusieurs problématiques des forêts telles que l'érosion de sol, les émissions de gaz à effet de serre et des dommages au bien-être humain. Ses impacts peuvent être mineurs ou majeurs dans les écosystèmes forestiers en particulier qui dépendent de leur intensité ou sévérité, leur type, leur étendue et provoquent des changements dans la structure du peuplement et sa composition en espèces (**Çolak et Sunar, 2018**).

Les incendies sont courants dans de nombreux systèmes forestiers à travers le monde, et sont également l'un des principaux facteurs qui affectent les écosystèmes de la région méditerranéenne particulièrement, entraînant une destruction aggravante des arbres avec d'autres enjeux tels que les coups de vent et les maladies phytosanitaires (**Meddour-sahar et al, 2008**).

Dans le contexte du bassin méditerranéen, l'Algérie est l'un des pays où le problème des feux de forêts, a été considérablement aggravé par ses effets dévastateurs : mesurée en valeur absolue les superficies brûlées sont toujours modestes relative aux autres pays de la côte méditerranéenne. Le facteur de dégradation le plus ravageur des forêts en Algérie est l'incendie, entraînant avec un nombre réduit des feux de forêts la destruction de surfaces importantes et participe à une très large part du bilan des surfaces parcourues (**Meddour-Sahar et Bouisset, 2013**).

Afin de gérer la biodiversité et les écosystèmes forestiers après le passage des incendies, la compréhension détaillée des schémas spatiaux du brûlage est précieuse (**Lozano et al, 2007**). C'est pour cela que l'intégration de la Géomatique comme outil de surveillance et cartographie des incendies est indispensable actuellement, vu son efficacité et son rapidité au lieu des méthodes classiques qui demandent du temps et ne sont pas toujours fiables.

A propos **Hachemi (2014)**, les outils SIG (Systèmes d'informations géographiques) et la télédétection sont désormais devenus nécessaires pour les études thématiques à l'échelle régionale. Ce sont deux atouts qui, grâce aux avantages qu'ils offrent, se sont imposés et devenus des techniques efficaces pour la gestion de l'espace et les études d'aménagements. Dans ce cadre, ces deux outils sont très complémentaires et permettent :

# INTRODUCTION GENERALE

---

- L'acquisition des données multi sources et multi-temporelles
- La cartographie numérique
- Le suivi et l'analyse des données
- La restitution de produits d'aide à la décision

Grâce au développement des nouvelles technologies (mise au point d'ordinateurs puissants) le Système d'Information Géographique (SIG), qui était assimilé au départ à un moyen de représenter les données sur une simple carte géographique, devient de plus en plus un outil important d'aide à la prise de décision ; un outil de portée relativement grande et élargie à des domaines connexes à la gestion globale du développement (**Sitayeb, 2006**).

L'utilisation de la télédétection par satellite permet de réduire le coût et le temps nécessaire à l'évaluation des dégâts après un feu de forêt. De plus, elle fournit périodiquement et automatiquement des informations, sur de très grandes surfaces et sur plusieurs bandes spectrales (**Zammit, 2008**).

L'importance de la cartographie des zones brûlées réside d'abord, dans l'évaluation des pertes écologiques et économiques (**Ezzine et al, 2005**). D'autre part, elle permet la localisation spatiale de la région sinistrée. Elle facilite l'analyse des différents facteurs impliqués dans le processus du feu, contribuant ainsi à la compréhension du comportement de l'incendie (**Zammit, 2008**).

C'est dans ce sens que le présent travail s'assigne comme objectif fondamental de montrer concrètement l'apport du SIG et de la télédétection dans l'évaluation et la cartographie des zones brûlées, ceci au niveau de la marge littorale de la Wilaya de Chlef.

Ce présent travail s'articule autour de quatre chapitres :

- Le premier chapitre est une synthèse bibliographique qui donne un aperçu sur la problématique des feux de forêts, ainsi elle aborde l'outil de la Géomatique et son intervention dans la gestion des écosystèmes forestiers avant et après passage des incendies.
- Le deuxième chapitre qui est réservé pour la présentation de notre zone d'étude.
- Le troisième chapitre présente le matériel utilisé et la méthodologie adoptée pour atteindre l'objectif de travail.
- Le quatrième chapitre est consacré aux résultats obtenus et leurs discussions.



*Chapitre I :*  
*Synthèse bibliographique*

Ce chapitre concerne une étude bibliographique relative aux incendies de forêts, il résume tous les éléments essentiels qui permettent de comprendre le mécanisme du feu, les impacts et les conséquences qui en résultent. Ainsi que l'outil de la Géomatique et son intervention dans la gestion des écosystèmes forestiers avant, pendant et après le passage des incendies.

## **I-Les feux de forêts**

### **I.1-Définition**

#### **I.1.1-Le feu**

Le feu est un élément fondamental et naturel du fonctionnement de nombreux écosystèmes forestiers. Pendant des millénaires les être humains ont utilisé le feu comme outil de gestion des terres. C'est l'une des forces naturelles qui a influencé les communautés végétales au fil des siècles et, comme processus naturel, il exerce une importante fonction dans le maintien de la santé de certains écosystèmes. Cependant, depuis la deuxième moitié du XXe siècle, en raison de changements survenus dans le rapport homme-feu et de la fréquence accrue du phénomène El Niño, les incendies constituent une grave menace pour de nombreuses forêts et pour la biodiversité qu'elles renferment (FAO, 2001).

#### **I.1.2-L'incendie**

**Trabaud (1992)** définit l'incendie comme « une combustion qui se développe sans contrôle dans l'espace et dans le temps. L'incendie de forêt s'alimente de tous les combustibles possibles et ainsi se propage jusqu'à l'épuisement de ceux-ci ».

Ce terme désigne globalement les feux de forêt, de maquis ou de garrigues ayant brûlé au moins 1 ha de massif (**Berrichi, 2013**).

## **I.2-Paramètres des feux**

### **I.2.1-L'inflammabilité**

C'est la propriété à s'enflammer que possède un végétal, dès qu'une source de chaleur entre en contact avec lui (**Trabaud, 1976**). L'inflammabilité que l'on attribue à une formation végétale est celle de l'espèce la plus inflammable si elle y est représentée en proportion suffisante. La probabilité de départ d'un feu dépend donc étroitement de l'inflammabilité de la végétation. L'inflammabilité est essentiellement liée à l'état hydrique de la végétation(**Cheret, 2016**).

### **I.2.2-La combustibilité**

**Trabaud (1976)** définit la combustibilité comme étant la manière dont brûlent les végétaux une fois qu'ils sont enflammés. Selon **Cheret (2016)**, le niveau de combustibilité influence directement l'intensité d'un feu et donc conditionne son potentiel de propagation.



### I.3-Comportement du feu (Triangle du feu)

**Robertson (1979)** signale que L'expression « comportement du feu » décrit les processus d'éclosion, de développement, de propagation et éventuellement de régression et d'extinction d'un feu de forêt. Selon **Abdi (2014)**, la combustion exige la présence en proportion convenable de trois éléments, à savoir : le combustible, l'oxygène et la chaleur. Le combustible et l'oxygène existent en abondance en forêt. Le seul élément qui manque pour compléter le symbolique triangle du feu est une source de chaleur suffisante (**Fig 1**).



Figure 1: Triangle du feu (Web)

#### I.3.1-Le combustible

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 (**Gaétan, 2007**).

#### I.3.2-Le comburant

Un comburant est le corps qui provoque et entretient la combustion du combustible ; le plus souvent, le comburant est constitué par l'oxygène présent dans l'air ambiant ; la réaction de combustion est alors une oxydation (**Carbonnell et al, 2004**) ; mais il existe de multiples autres comburants (halogènes, soufre, phosphore) ; si l'oxygène est le comburant, sa concentration diminue très rapidement dans l'atmosphère (par phénomène de consommation oxydative) et expose des victimes au risque asphyxique.

#### I.3.3-La chaleur

La chaleur est la température à partir de laquelle les combustibles prennent feu. Cette température est appelée « point d'inflammation », elle est située entre 400 et 425 °C (**Rebai, 1983**). Avec les combustibles forestiers, un apport extérieur de chaleur n'est nécessaire que pour amorcer le phénomène de combustion, une fois les matériaux en ignition, on observe un

grand dégagement de chaleur et une forte température qui peut atteindre jusqu'à 1250 °C, température enregistrée à un mètre du sol (Trabaud, 1979).

#### I.4-Les modes de propagation du feu

A propos Colin et al (2001), distinguent différents types de feu (Fig 2), en fonction des strates où ils se propagent :

- **Les feux de sol** : consomment la matière organique de la litière et de l'humus situé sous celle-ci et ne produisent pas de flamme apparente. Ils peuvent pénétrer dans des dépôts organiques très profonds et cheminer à plusieurs dizaines de centimètres sous la surface. Ils sont relativement rares en région méditerranéenne.
- **Les feux de surface** : brûlent les strates basses et contiguës au sol (litière, tapis herbacé, broussailles). Ce sont les plus communs. Ils se propagent rapidement, en dégageant beaucoup de flammes et de chaleur.
- **Les feux de cimes** : embrasent les houppiers et se propagent rapidement. Ils sont de deux types :
  - \***Indépendants** : Ils se propagent dans les cimes sans dépendre du feu de surface.
  - \***Dépendants** : Ils ne se maintiennent dans les cimes qu'en raison de la chaleur dégagée par le feu de surface. Ils sont passifs s'ils contribuent moins à la propagation que le feu de surface qui les accompagne et actifs dans le cas contraire.
- **Les sautes de feu** : sont des projections de particules enflammées ou incandescentes (brandons) en avant du front de flamme. Ces particules, entraînées dans la colonne de convection et transportées par le vent, peuvent être à l'origine de foyers secondaires à l'avant de l'incendie. Les gros brandons peuvent brûler longtemps et être transportés très loin (jusqu'à 10 ou 20 km dans les cas exceptionnels). Des sautes de feux très nombreuses.

En réalité, ces différents types de feu peuvent se combiner ou se produire simultanément. Un feu de surface peut, par exemple, se transformer en feu de cime et inversement.

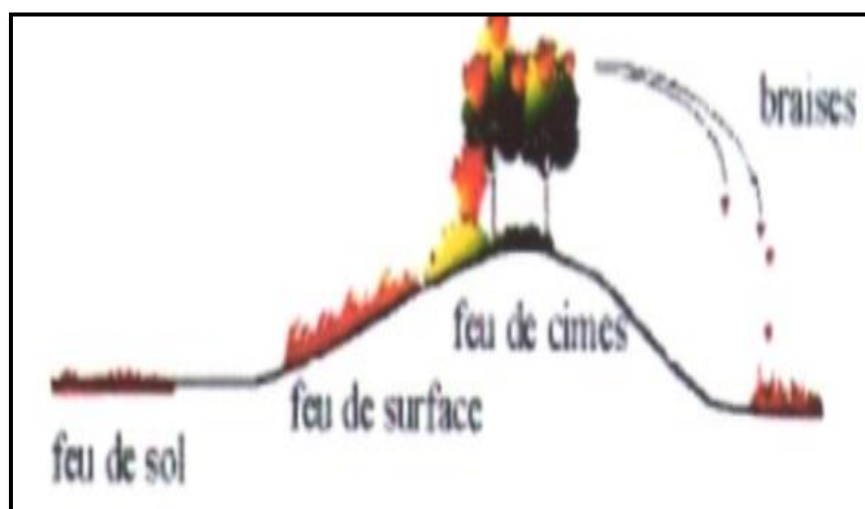


Figure 2 : Types de feux de forêts (Margerit, 1998)

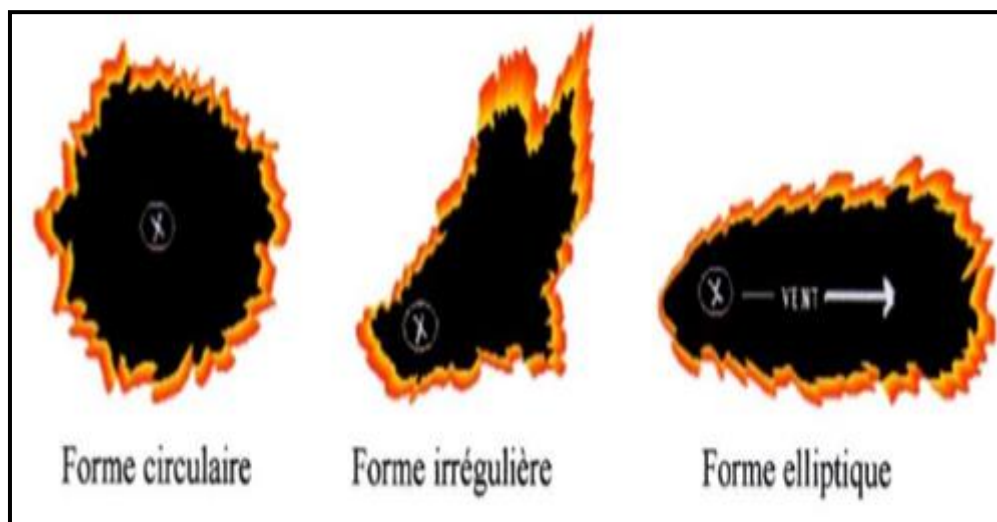
### I.5-Les formes et les parties d'un feu de forêt

Pour étudier et de bien déterminer les moyens de lutte contre les incendies de forêts, il est essentiel de connaître les formes et les parties d'un feu de forêt.

#### I.5.1-Les formes d'un feu :

Selon **Ammari (2011)**, les feux de forêts ont généralement trois formes (**Fig 3**) qui sont les suivantes :

- **Les feux de forme circulaire** : sont généralement situés sur un terrain plat par temps calme. Le combustible qu'on y retrouve est homogène.
- **Les feux de forme irrégulière** : sont causés par des terrains en pente ou par des vents variables. On retrouve cette forme de feu où le combustible est hétérogène.
- **Les feux elliptiques** : se forment généralement sur des terrains plats dans un combustible homogène où l'on remarque la présence du vent qui souffle toujours dans la même direction.



**Figure 3** : Les différentes formes du feu (**Ammari, 2011**)

#### I.5.2-Les parties d'un feu

Un feu est composé de plusieurs parties (**Fig 4**), qui sont selon **Ammari (2011)** :

- **Arrière** : partie de la bordure du feu qui est opposée au côté où la propagation du feu est la plus rapide.
- **Baie** : partie de la bordure du feu qui se développe plus lentement à cause du combustible ou la topographie.
- **Bordure du feu** : ligne souvent irrégulière jusqu'où le feu a brûlé à un moment donné.
- **Doigt** : partie de la bordure du feu qui se développe en saillie du corps principal.

- **Feu disséminé** : feu nouveau à l'extérieur du périmètre de l'incendie est causé par celui-ci.
- **Flanc** : côté qui relie la tête à l'arrière, ordinairement parallèle à la direction générale de la progression du feu.
- **Point d'origine** : partie d'un incendie où le feu a pris naissance.
- **Tête** : partie de la bordure du feu qui se développe ordinairement le plus rapidement. Elle indique la direction de la progression du feu.

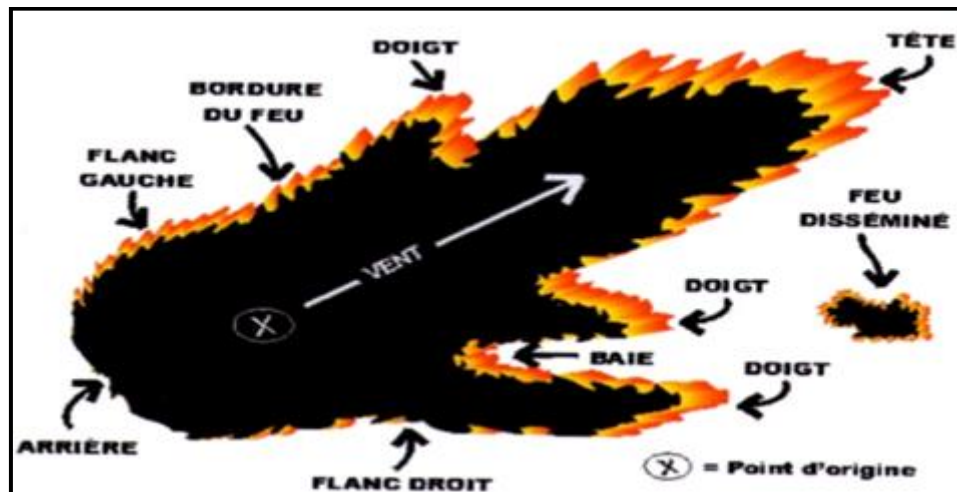


Figure 4 : Les parties d'un feu (Zaoui, 2013)

## I.6-Les causes d'incendies

### I.6.1-Causes naturelles

La végétation ne s'enflammant pas seule, même par forte sécheresse, l'unique cause naturelle connue dans le Bassin méditerranéen est la foudre. Ce phénomène, très répandu en forêt boréale (orages secs), est relativement rare en région méditerranéenne où il ne concerne que 1 à 5 % des cas d'incendies. Probablement à cause de l'absence des phénomènes climatiques comme les tempêtes sèches (Alexandrian et Gouiran, 1990).

### I.6.2-Causes humaines

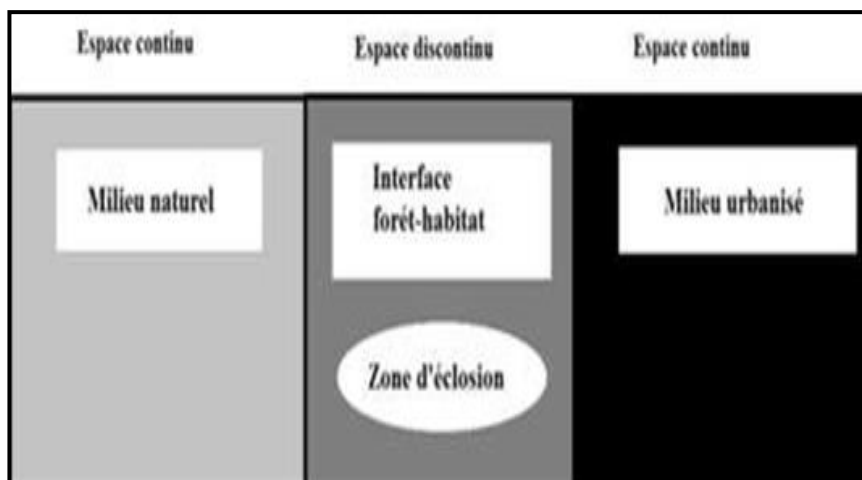
Elles représentent l'essentiel des origines des incendies de forêts. Globalement, pour l'ensemble des pays du Bassin Méditerranéen, on retrouve des causes involontaires et des causes volontaires. Leur répartition dépend étroitement du contexte social, économique, politique et législatif de chaque pays (Colin et al, 2001).

#### I.6.2.1-Causes humaines involontaires :

Selon Colin et al (2001), les causes humaines involontaires sont diverses, les imprudences et accident dus à des défauts de fonctionnement d'équipements sont les causes les plus fréquentes des incendies des forêts.

❖ **Imprudences**

- Les imprudences liées aux travaux agricoles ou forestiers : sont le brûlage des chaumes, le sapement de vigne, les rémanents d'exploitations forestières, etc. (**Benabdeli, 1996**). Alors que les imprudences liées aux loisirs en forêt se résument aux promeneurs, chasseurs, cueilleurs, etc (**Fig 5**).
- Les imprudences liées à l'urbanisation et aux habitations : telles que le développement de l'interface de forêt et l'habitat lié à l'extension des villes et des villages mais aussi au désir de se rapprocher de la nature aux abords des zones naturelles boisées, accroît le risque d'incendie. Ces zones d'interfaces présentent la particularité d'être relativement hétérogènes (**Lampin et al, 2004**).



**Figure 5 : Interface habitat-forêt (Lampin et al, 2004)**

- Les imprudences liées aux loisirs en forêt : Les acteurs sont bien sûr diversifiés que les types d'imprudences qu'ils peuvent commettre (préparation des repas, jet de mégots...) et qui sont à l'origine de grands préjudices sur la forêt. Il y a donc de nouveaux risques au moment où l'on affiche une volonté de plus en plus grande d'ouvrir aux loisirs la forêt méditerranéenne (**Barbero, 1989 in Berrichi, 2013**).

❖ **Accidents**

Ils sont beaucoup moins fréquents que les imprudences. Les interfaces surfaces boisées - voies de circulation sont des zones à forte probabilité d'éclosion. La projection d'étincelles lors du passage d'un train le long de la voie ferrée, ou par le pot d'échappement d'un véhicule (voiture, moto...) peut provoquer un incendie. Il en est de même des engins agricoles et forestiers mal réglés (**Berrichi, 2013**).

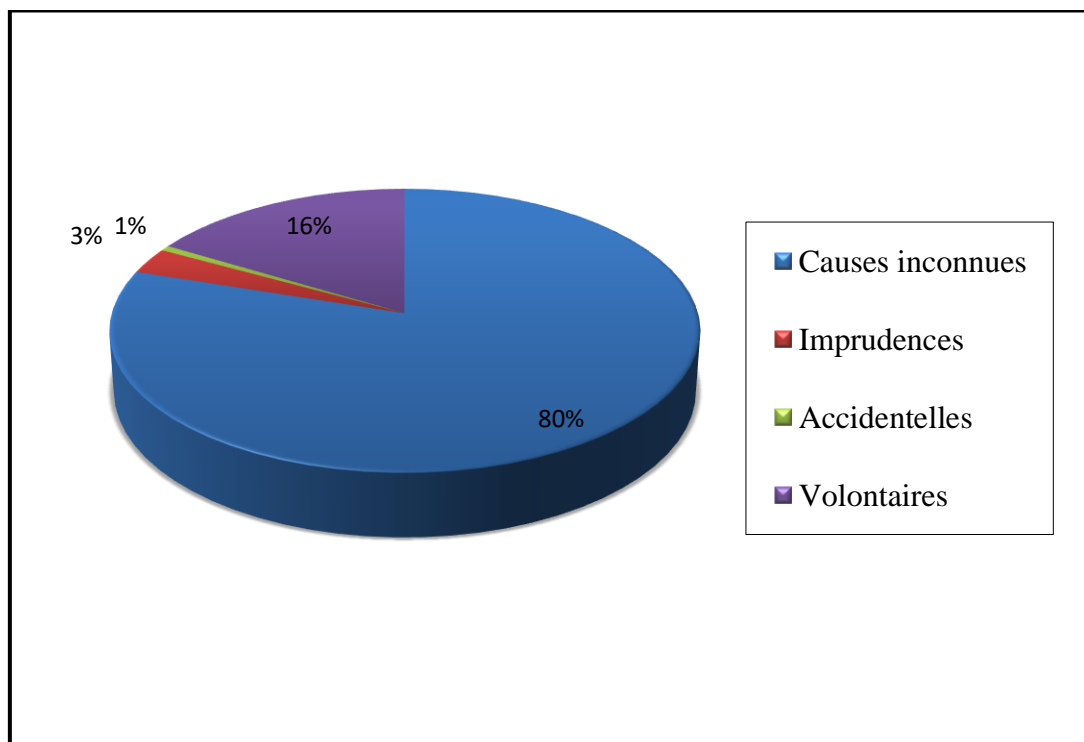
### I.6.2.2-Causes humaines volontaires

#### ❖ Incendies criminels

Les incendies criminels peuvent apporter un gain matériel direct (amélioration des pâturages, exploitation du bois...) ou indirect par appropriation foncières (**Khalid, 2008**).

#### ❖ Feux mis par jeux ou par plaisir

Une des causes qui est fréquente surtout chez la population jeune. Souvent ce plaisir engendre les efforts déployés par les colonnes des pompiers et des collectivités locales (**Fig 6**).



**Figure 6** : Classement des foyers d'incendies par catégories des causes en Algérie

(**Meddour-Sahar et al, 2013**)

### I.7-Impact des feux

#### I.7.1-Impact sur les écosystèmes forestiers

#### ❖ Action sur le peuplement

**Berrichi (2013)** signale que les impacts du feu sur les peuplements sont liés à l'intensité du feu et à la richesse biologique présente. Le passage d'un feu se traduit par l'altération plus ou moins poussée d'organes vitaux du végétal, au niveau du feuillage, du tronc et des racines. Il en découle une perte de vigueur de l'arbre pouvant entraîner sa mort. La survie des communautés végétales est variable selon les espèces concernées et l'intensité du feu. Un feu rapide provoque beaucoup moins de dommages qu'un feu lent (**Colin et al, 2001**).

Un état des lieux est souhaitable pour estimer les chances d'une reprise naturelle de la végétation (rejet de souche des feuillus, production des semences pour les résineux) et pour envisager, après un diagnostic de site, une diversification de l'occupation du sol (**Berrichi, 2013**).

### **I.7.2-Impact sur l'environnement**

#### **❖ Action sur le sol**

**Aubert (1991)** signale d'autres conséquences des incendies sur le sol à savoir, le changement de la structure de l'horizon humifère, la réduction de la capacité de rétention en eau, l'élévation du Ph, l'accroissement du taux de calcaire par éclatement de la roche et la diminution de la capacité totale d'échange.

#### **❖ Action sur la Pédofaune**

Les micro-organismes du sol sont directement touchés par la vague thermique au passage du feu. La stérilisation entre 50 °C et 125 °C, concerne généralement entre 5 cm et de 10 cm. Mais ce sont les couches superficielles, les plus riches en matière organique et les plus actives biologiquement, qui sont touchées (**Colin et al, 2001**).

### **I.7.3-Impacts socio-économiques**

Des équipements divers tels que les poteaux électriques et téléphoniques, les clôtures, les panneaux, sont aussi endommagés ou détruits par le feu. Les réseaux de communication sont coupés, engendrant des perturbations économiques et sociales importantes. Il est très difficile d'évaluer les pertes économiques dues à un incendie, en raison de la difficulté d'appréhender les coûts indirects (**Colin et al, 2001**).

Face à la propagation des incendies et au risque de perte des biens et des services fournis par l'écosystème forestier, il est nécessaire de cartographier des dommages post-incendies et de gérer cet écosystème en se basant sur l'outil de la Géomatique.

## **II-Géomatique**

C'est au début des années 70 qu'un ingénieur géographe employa pour la première fois le mot « Géomatique » pour faire allusion au mariage des sciences de l'étude et des mesures de la terre avec l'informatique. De nos jours, la Géomatique est définie comme étant un champ d'activités qui a pour but d'intégrer les moyens d'acquisition et de gestion des données à référence spatiale en vue d'aboutir à une information d'aide à la décision. Dans un cadre systémique la notion de système explique la prise en compte de tout ce qui concourt à la réalisation d'un projet de Géomatique : les données, les équipements, les spécialistes, le cadre physique de travail ainsi que les procédures qui les coordonnent (**C.C.T, 1999**).

Elle englobe une foule de disciplines qui, dans un système à référence spatiale commune, concourent à créer une représentation à la fois détaillée et compréhensible du



monde physique et de l'espace que nous y occupons (C.C.T, 1999). Parmi ces disciplines, on compte :

- La Télédétection
- Les Systèmes d'Information Géographiques

Vu la puissance, l'objectivité des SIG et leur intégration de tout type d'informations, il apparaît essentiel de les introduire dans de nombreux domaines tels que l'organisation et l'aménagement du territoire pour répondre à ces défis posés d'une manière plus précise en passant par la cartographie qui permet d'archiver des séries d'observation représentatives. Les cartes sont de formidables supports de communication : elles permettent de synthétiser de manière efficace des informations multiples pour transmettre un message clair.

La création des cartes et l'analyse géographique ne sont pas des procédés nouveaux, mais la capacité nouvelle des SIG apparaît dans la création des cartes différentes et plus évoluée à la carte traditionnelle, servant à changer de lieu, d'échelle, de mode de représentation et de niveau d'agrégation de façon dynamique, rapide et puissante.

Par conséquent, les SIG sont des outils indispensables adaptés à tous les traitements dont l'analyse géographique a besoin.

## **II.1-Système d'information géographique (SIG)**

### **II.1.1-Définition**

La société française de photogrammétrie et de télédétection (1989) définit un SIG comme étant un système informatique permettant à partir de diverses sources, de rassembler et organiser, de gérer, d'analyser et de combiner, d'élaborer et de présenter des informations localisées géographiquement contribuant notamment à la gestion de l'espace (Vincent et al, 1996).

Un SIG permet ainsi de répondre à un certain nombre de questions telles qu'où se trouve un objet ou un phénomène mettant ainsi en évidence la répartition spatiale des objets ou phénomènes présents sur un territoire donnée. De plus le SIG permet l'analyse spatiale en élucidant les relations qui existent ou non entre les objets et les phénomènes ainsi que l'analyse temporelle en déterminant leur évolution, finalement il permet de prédire ce qui se passerait si tel scénario d'évolution se produisait en examinant les conséquences qui affecteraient les objets ou phénomènes concernés du fait de leur localisation (Dimitri et bakary, 2007).

### **II.1.2-Objectifs généraux des SIG**

Worboys (1995) note les principaux objectifs des systèmes d'information géographique qui sont les suivants :

- Saisie et stockage numérique de plans et de cartes : Le premier et principal objectif des SIG reste le stockage numérique de données géographiques, bi- ou tridimensionnelles.



- Structuration de l'information : Comme tout système de gestion de bases de données, un SIG qui gère une base de données demande une modélisation du monde réel et une structuration de l'information.
- Gestion et traitement des collections d'objets : Une fois l'information structurée, elle doit être saisie et gérée par le système. Comme tout système de gestion de base de données, le SIG doit assurer la bonne gestion des flux d'informations, des modifications, des mises à jour, et notamment pour la partie graphique des objets.
- Télédétection, géoréférencement et traitement d'image : Les SIG ont vocation à gérer tout type d'objet géographique. La télédétection aérienne ou spatiale offre une source privilégiée de données géographiques. Les SIG doivent donc également gérer et traiter de type de données, souvent volumineuses.
- Dessin et édition cartographique : Les systèmes d'information géographique, comme tout système de gestion de données, ont pour objectif l'édition des données résultats d'une requête. Cette édition est souvent graphique puisque l'on traite de données localisées.

### II.1.3-Fonctionnalités d'un SIG

A propos **Sana (2007)**, les SIG doivent être à la fois un outil de gestion pour le technicien et un outil d'aide à la décision pour le décideur. Il doit donc offrir les fonctions nécessaires à ces deux objectifs regroupés sous le terme « les cinq A » (**Fig 7**).

- **Abstraction :**

Visé à représenter le monde réel, en organisant les données par composants géométriques et par attributs descriptifs et en établissant des relations entre les objets.

- **Acquisition :**

Revient à alimenter le SIG en données par saisie des informations géographiques sous forme numérique : la forme des objets géographiques et leurs attributs et relations.

- **Archivage :**

Revient à gérer la base de données en transférant les données de l'espace de travail vers l'espace d'archivage.

- **Analyse :**

Permet de manipuler et d'interroger des données géographiques afin de répondre aux enquêtes des utilisateurs.

- **Affichage :**

Son but est de permettre à l'utilisateur d'appréhender des phénomènes spatiaux dans la mesure où la représentation graphique respecte les règles de la cartographie.

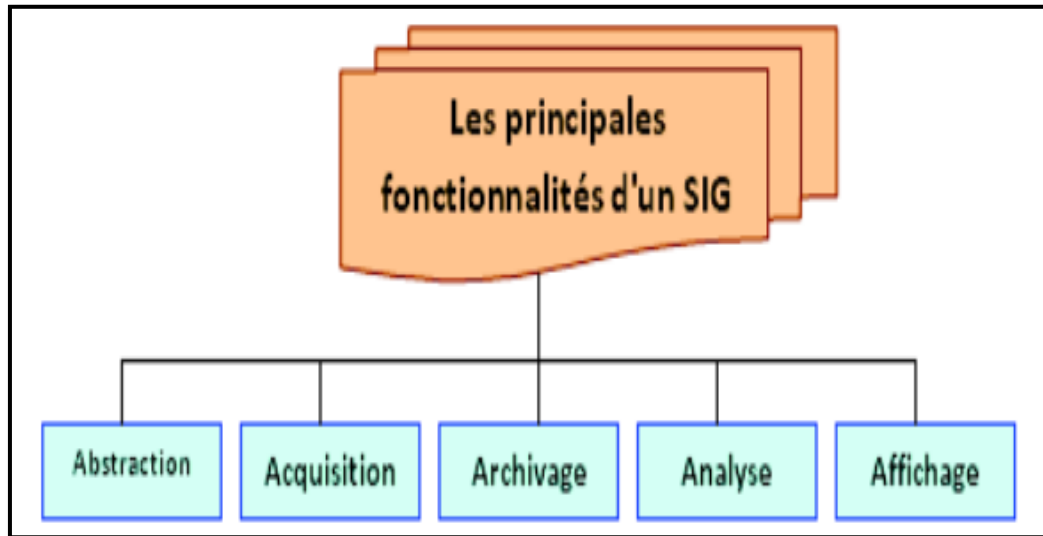


Figure 7 : Les principales fonctionnalités d'un SIG (Sana, 2007)

#### II.1.4-Données dans les SIG

##### ➤ Mode d'acquisition des données

Zaoui (2013) note que la collecte des données est l'une des principales phases qu'un SIG doit remplir. Son intérêt réside dans le fait que l'objectif ou le thème de recherche ne peut être concrétisé et d'une façon adéquate qu'après avoir réunis toutes les informations nécessaires. La collecte des données peut être réalisée à partir de :

- **Des documents existants :** Du papier (plan carte) au numérique, à partir d'une planche à numériser ou du scannage de la donnée sur l'écran de l'ordinateur, on numérise des objets dessinés sur le plan en données vecteurs. Si la donnée est scannée et géoréférencée c'est de la donnée « raster ».
- **Des photos :** De la photo (scannée) ortho-rectifiée à la donnée vecteur, c'est l'une des principales sources pour une numérisation précise sur de grands territoires
- **Des images satellitaires :** L'image satellite constitue la principale source d'information pour l'occupation du sol grâce à la télédétection.
- **Du terrain :** Généralement utilisée pour des échantillons de petite taille ou en complément d'autres techniques.

#### II.2-Télédétection

L'importance de la télédétection spatiale figure dans le suivi de l'impact du feu sur les écosystèmes affectés par ce phénomène écologique puissant permettant de fournir une carte qui nous indique la zone brûlée de celle non brûlée en passant par le traitement de l'imagerie satellitaire.

Elle peut être utilisée à trois niveaux dans la gestion du feu: avant, pendant et après. La télédétection avant le feu peut être importante pour la prévention et le contrôle du feu.

Pendant le feu, elle peut être utilisée pour détecter et surveiller le mouvement du feu à travers le paysage (Sylvain, 2009). La télédétection après feu peut servir à cartographier l'empreinte du feu et évaluer les zones brûlées. Robinson (1991) dit qu'il existe quatre formes de signaux produit par les feux qui peuvent être observées depuis l'espace: les radiations directes du feu actif (la chaleur et la lumière), la fumée, les zones carbonisées apparues après un feu, et l'altération de la structure de la végétation.

### II.2.1-Définition

La télédétection est une discipline qui cherche à obtenir des informations de la Terre en utilisant des images acquises par des satellites ou des plateformes aériennes et en se servant de la radiation électromagnétique émise ou réfléchi par la surface terrestre (Lillesand et Kiefer, 1994).

A propos Akdim (2017), le concept de la télédétection est basé sur l'enregistrement et le captage d'énergie du rayonnement électromagnétique émis ou réfléchis, dans le but de mettre l'information acquise en application en passant par le traitement et l'analyse de cette dernière.

L'objectif fondamental de la télédétection est d'élargir la connaissance de notre environnement en faisant une cartographie et un suivi des ressources terrestres et faciliter l'interprétation des multiples processus qui affectent la planète.

Parmi les objectifs que présente la télédétection en parallèle avec l'objectif fondamental :

**-La précision :** Les données obtenues par télédétection sont objectives et ne sont pas basées sur des opinions.

**-La couverture spatiale :** Couverture globale et périodique sur des étendues vastes de la terre.

**-La couverture temporelle :** Les observations de télédétection peuvent être répétées, de sorte que les pratiques des gestionnaires peuvent être surveillées et l'impact des interventions peut être évalué.

### II.2.2-Les processus de la Télédétection

Selon Kluser (2000), dans la plupart des cas, la télédétection implique une interaction entre l'énergie incidente et les cibles. Le processus de télédétection au moyen de systèmes imageurs comporte les sept étapes (Fig 8).

Notons cependant que la télédétection peut également impliquer l'énergie émise (infrarouge) on utilise des capteurs non-imageurs (sismique, gravimétrie...).

Les processus de la télédétection sont les suivants (Fig 8) (Kluser, 2000) :

- **Source d'énergie ou d'illumination (A)**

- **Rayonnement et atmosphère (B)** : Durant son parcours entre la source d'énergie et la cible, et entre la cible et le capteur, le rayonnement interagit avec l'atmosphère ;

- **Interaction avec la cible (C)**

- **Enregistrement de l'énergie par le capteur (D)** : Une fois l'énergie diffusée ou émise par la cible, elle doit être captée par un capteur qui n'est pas en contact avec la cible pour être enfin enregistrée

- **Transmission, réception et traitement (E)** : L'énergie enregistrée par le système d'acquisition est transmise, souvent par des moyens électroniques, à une station de réception où l'information est transformée en images (numériques ou photographiques).

- **Interprétation et analyse (F)** : Une interprétation visuelle et/ou numérique de l'image traitée est ensuite nécessaire pour extraire l'information que l'on désire obtenir sur la cible.

- **Application (G)** : La dernière étape du processus consiste à utiliser l'information extraite de l'image pour mieux comprendre la cible.

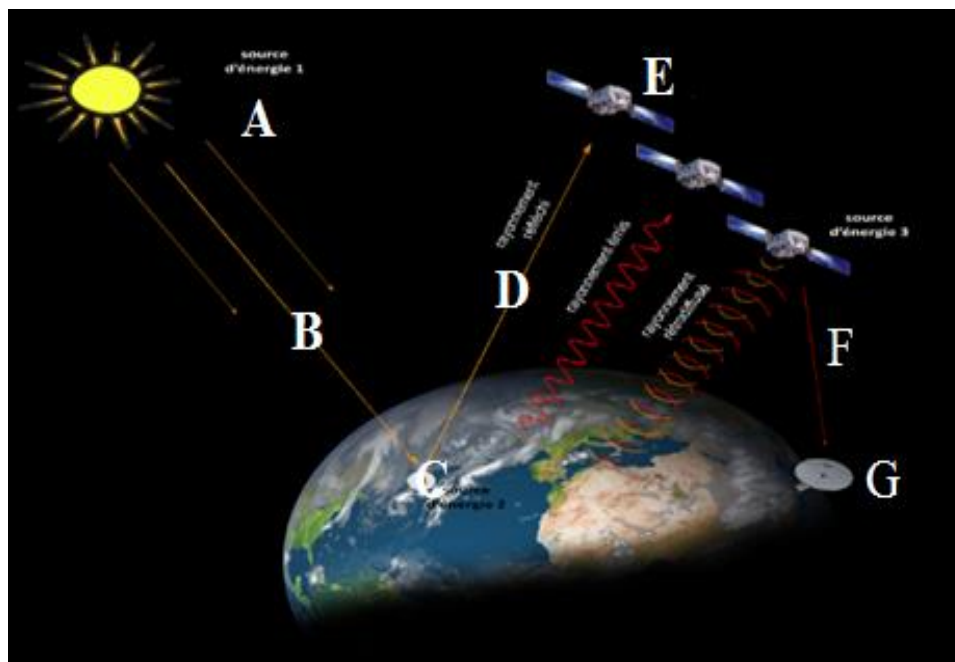


Figure 8 : Processus de la télédétection (UVED, 2008)

### II.2.3-Les domaines d'application de la télédétection

Selon **Akdim (2017)**, les domaines d'utilisations de la télédétection ne cesse de s'épandre, les applications terrestres de cette dernière sont extrêmement variées, elles sont regroupés dans le tableau suivant :

**Tableau 1** : Domaines d'utilisation de la télédétection

<b>La Foresterie</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Prévention, suivi et évaluation des incendies</li> <li>- Protection des forêts</li> <li>- Topographie (modèles numériques d'élévation de terrain)</li> <li>- Inventaire des espèces forestières</li> </ul>
<b>L'Agriculture</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Extension, inventaire et cartographie des cultures</li> <li>- Prévisions de récoltes</li> <li>- Evaluation des dommages causés par la sécheresse et les inondations</li> </ul>
<b>La Géologie</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La géologie environnementale</li> <li>- La géobotanique</li> <li>- La cartographie lithologique</li> </ul>
<b>L'Hydrologie</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- L'évaluation de l'humidité du sol</li> <li>- La surveillance et la cartographie des inondations</li> <li>- La cartographie et la modélisation des bassins hydrologiques</li> </ul>
<b>L'Urbanisme</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Estimation de population</li> <li>- Comprendre le processus d'urbanisation (blocs, etc.)</li> <li>- Analyse économique régionale (population, perdre d'activité agricole, activité industrielle, commercial, etc.)</li> </ul>

Source : (Akdim, 2017)

### II.3-Les indices spectraux en télédétection

Dans le domaine de la télédétection, l'utilisation des indices de végétation devient nécessaire pour être en mesure de mieux :

-Identifier et suivre la dynamique de végétation :

-Estimer certaines caractéristiques physiologiques des couverts végétaux, telles que: le rayonnement photosynthétique actif et l'indice de surface foliaire.

De très nombreux indices de végétation ont été construits et utilisés depuis maintenant une quarantaine d'années. Ils prennent la forme soit d'expressions très basiques (simple différence ou simple ratio), soit de formules beaucoup plus complexes (**UVED, 2008**).

Ils ont été utilisés dans des applications très nombreuses et variées depuis l'apparition de la télédétection spatiale. Les indices spectraux en télédétection font partie des méthodes de traitement connues sous le nom transformations multispectrales. Le principe de ces indices consiste à convertir les luminances mesurées au niveau du capteur satellitaire en grandeur ayant une signification dans le domaine environnemental (**Darabid et Boucekara, 2013**).

Parmi les indices spectraux les plus utilisés pour identifier les zones incendiées, notamment dans les pays méditerranéens selon les travaux de plusieurs auteurs, on peut citer :

- The Burn Area Index « BAI »
- The Normalised Burn Ratio « NBR »
- The Normalised Burn Ratio Thermal « NBRT »
- The Normalised Difference Vegetation Index « NDVI »

Ils sont créés à l'aide de calculs arithmétiques de bandes. Ces indices permettent de mettre en évidence le changement de l'activité photosynthétique de la végétation à la suite aux feux.

Afin de représenter les conditions du paysage avant et après les incendies, deux images satellites pour chaque année ont été retenues pour le traitement, et on calcule par la suite les indices de végétation choisis dans le but de déterminer les zones brûlées.

Les indices de végétation se basant sur les données satellitaires multispectrales sont la technique la plus utilisée dans la détection de changement multi-date et l'évaluation de la sévérité du feu (**Brewer et al, 2005**). L'exploration des manifestations écologiques, avant et après le feu a révélé que le passage du feu entraîne un rehaussement de la réflectance dans le moyen infrarouge, c'est pourquoi cette partie du spectre électromagnétique s'est avérée très adéquate pour la cartographie de la sévérité des incendies. Récemment, l'indice de brûlage normalisé (NBR) a gagné plus de considération, surtout aux Etats-Unis d'Amérique (USA), pour détecter les différentes classes de sévérité du feu (**Firemon, 2004 ; Key et Benson, 2005**). Le NBR est formulé comme l'indice de végétation de différence normalisée (NDVI), sauf que la bande 7 du capteur Landsat TM (moyen-infrarouge) est utilisée à la place de la bande rouge (**Cherki et Gmira, 2013**).

### II.3.1-The Burn Area Index « BAI »

Etant l'indice le plus couramment utilisé et le plus efficace afin d'évaluer la gravité des brûlures. Il est conçu pour les applications d'effets post-incendie en se concentrant sur l'espace des fonctionnalités rouge-NIR du spectre électromagnétique pour identifier les étendues du modèle numérique du terrain affectées par le feu. Son but est de mettre en évidence le signal de charbon de bois dans l'imagerie post-incendie en calculant la distance bi-spectrale d'un pixel à un point spectral de référence dans l'espace rouge-NIR vers lequel les zones récemment brûlées ont tendance à converger (**Harris et al, 2011**).

L'identification des surfaces brûlées dans les zones de végétation méditerranéenne est performante grâce à cet indice. Il sert même à surveiller la restauration du couvert végétal à l'état sauvage dans les années qui suivent l'incendie.

Cet indice met en évidence les terres brûlées dans le spectre rouge à proche infrarouge, en accentuant le signal de charbon de bois dans les images post-incendies. L'indice est calculé à partir de la distance spectrale de chaque pixel à un point spectral de référence, où convergent les zones récemment brûlées. Des pixels plus clairs indiquent les zones brûlées.

Les données doivent être calibrées à la réflectance avant d'appliquer l'indice.

$$BAI = \frac{1}{(0.1 - Red)^2 + (0.06 - NIR)^2}$$

Indice de zone de brûlure (BAI) a été conçu par **Chuvieco et al (2002)** dans le domaine spectral rouge et NIR. L'indice met l'accent sur le signal de charbon de bois qui peut être vu dans les images post-événement. Cet indice a la capacité à délimiter les zones brûlées que les autres indices testés : NDVI, le GEMI et le SAVI en utilisant Landsat selon **Chuvieco et al (2002)**.

Plusieurs études ont été menées pour évaluer l'utilité de l'indice de zone de brûlage (BAI) pour la discrimination des terres brûlées sur des ensembles d'images Landsat Thematic Mapper (TM).

En ce qui concerne les images, cet indice dépendait fortement de la permanence temporelle du charbon de bois après incendie (**Chuvieco et al, 2002**).

### II.3.2-The Normalised Burn Ratio « NBR »

Le rapport de combustion normalisé fournit une mesure quantitative du changement et permet de différencier les zones brûlées des zones non brûlées. Pour Landsat OLI 8, il utilise des parties du spectre électromagnétique dans le proche-infrarouge (NIR) qui correspond au canal 5 et il a une importance majeure pour nous renseigner sur l'état sanitaire de la végétation. En effet, du fait de l'humidité des feuilles, les plantes saines peuvent refléter ce spectre. La bande 7 couvre différents tranches de l'infrarouge à ondes courtes (SWIR), qui contribue à faire la distinction particulière entre les roches et les sols nus. Dans les régions où la régénération du couvert végétal se produit lentement, le fonctionnement du NBR apparaît mieux (**Jaziri, 2020**).

Des études antérieures ont également montré que la corrélation entre le NBR ou le NBR différencié (dNBR) a tendance à être plus élevée pour les écosystèmes forestiers que pour les types de végétation à végétation plus clairsemée comme les arbustes.

Cet indice met en évidence les zones brûlées dans les grandes zones d'incendies supérieures à 500 ares. NBR a été développé à l'origine pour être utilisé avec les bandes Landsat TM et ETM +4 et 7, mais il fonctionne avec n'importe quel capteur multispectral avec une bande NIR entre 0.76-0.9 um et une bande SWIR entre 2.08 et 2.35 um.

La formule utilise des longueurs d'ondes proche infrarouge (NIR) et ondes courtes infrarouges (SWIR) :

$$NBR = \frac{NIR - SWIR}{NIR + SWIR}$$



NIR : Bande 4 (Proche Infrarouge) du capteur Landsat.

SWIR : Bande 7 (Moyen Infrarouge) du capteur Landsat.

Les effets du feu sur la végétation provoquent l'augmentation de réflectance dans la bande MIR et la diminution de réflectance dans la bande PIR (**Key, 2006**). Pour cette raison, la différenciation d'image bi-temporelle est souvent appliquée sur le NBR avant et après le feu générant ainsi le dNBR (indice de brûlure de différence normalisée) (**Key et Benson, 2005**). Les valeurs de dNBR permettent de déterminer le degré de sévérité pour chaque incendie (**Cherki et Gmira, 2013**).

Dans ce travail, on doit indiquer la gravité de la brûlure en passant par les étapes suivantes :

- Création des images NBR avant et après l'incendie
- Soustraire l'image post-incendie de l'image pré-incendie
- Créer une image NBR différenciée qui va nous indiquer sur la gravité de brûlure.

Les pixels les plus sombres indiquent les zones brûlées.

Selon **Keeley (2009)**, le dNBR est un excellent indicateur pour l'identification des zones brûlées et la mesure des brûlages.

La plupart des études se sont concentrées sur l'utilisation du dNBR, qui est généré en soustrayant le NBR post-incendie du NBR pré-incendie (**Key et Benson, 2005**).

Les précisions obtenues pour l'étude fournie par **Mpakairi et al, (2020)** au Zimbabwe. Ils ont aussi utilisé l'indice NBR et ont trouvé une précision de l'ordre de 91 % pour les classes de forêts et de 76 % pour la classe des arbustes (**Konko et al, 2021**).

### II.3.3-The Normalised Burn Ratio Thermal « NBRT »

Selon **Holden et al (2005)**, cet indice utilise une bande thermique afin d'améliorer le taux de combustion normalisé (NBR). Il en résulte une meilleure séparabilité entre les terres brûlées et non brûlées. La bande thermique dans cette équation nécessite d'être calibrée aux températures de luminosité (en kelvins). Les bandes NIR et SWIR doivent être étalonnées en fonction de la réflectance du haut de l'atmosphère.

$$NBRT = \frac{(NIR - SWIR \left(\frac{Thermal}{1000}\right))}{(NIR + SWIR \left(\frac{Thermal}{1000}\right))}$$

NBRT a été développé initialement pour être utilisé avec les bandes Landsat TM et ETM + 4.7 et 6. Cependant, il fonctionnera avec n'importe quel capteur multispectral avec des bandes dans les plages suivantes :

- NIR : 0.76 à 0.9 um
- SWIR : 2.08 à 2.35 um
- Thermique : 10.4 à 12.5 um



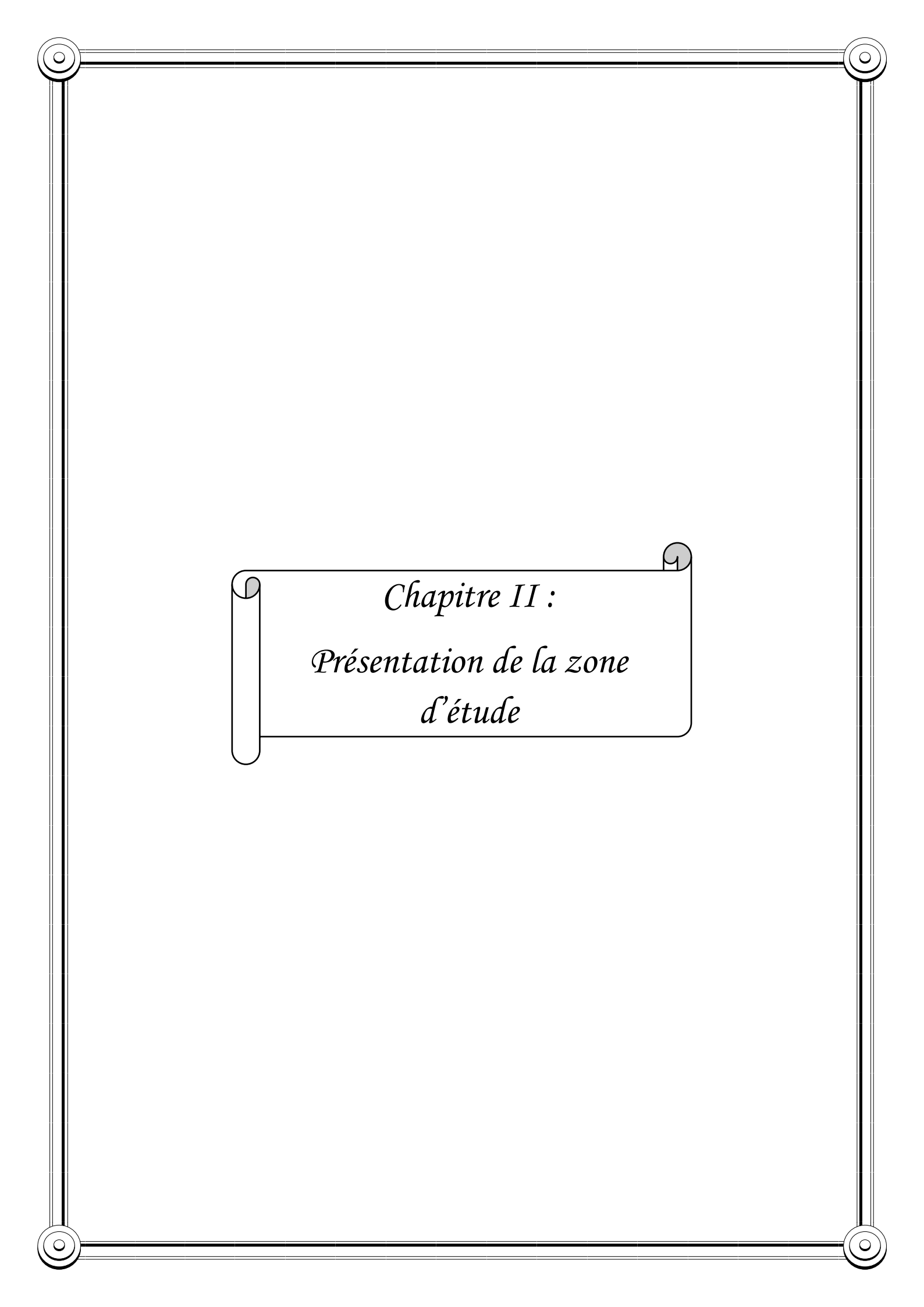
### II.3.4-The Normalised Difference Vegetation Index « NDVI »

Les indices de végétation sont obtenus à l'aide d'une combinaison de plusieurs bandes spectrales. Les valeurs de ces indices donnent la proportion (recouvrement végétal) de végétation présente dans chaque pixel (**Verstraete et Pinty, 1991**). Parmi ces nombreux indices, l'un des plus utilisés pour la cartographie végétale est l'indice de végétation normalisé (NDVI) représenté par la formule suivante :

$$NDVI = \frac{(NIR - R)}{(NIR + R)}$$

Où NIR représente les valeurs de réflectance spectrale de la bande du proche infrarouge R celles de la bande du rouge.

Le concept du NDVI repose sur le fait qu'un couvert végétal absorbe l'énergie dans la bande du rouge par la chlorophylle de la plante et réfléchit beaucoup dans la bande du proche infrarouge (**Robin, 2002**).



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

## **II.1-Situation géographique et présentation de la Wilaya de Chlef :**

### **II.1.1-Sur le plan administratif :**

La wilaya de Chlef, cette portion de l'Algérie, doit son nom à l'Oued qui draine sa vallée : le Cheliff, l'Oued le plus long d'Algérie avec ses 700 kilomètres (ABHCZ, 2003). Elle est enserrée entre les longitudes 0° 44' et 1° 45' Est et les latitudes 36° 33' et 35° 50' Nord (PATWC 1, 2011).

Sur le plan administratif, la superficie du territoire de la Wilaya de Chlef s'étend sur 4074,32 Km<sup>2</sup>. Le territoire de cette wilaya est délimité comme suit : (PATWC 1, 2011).

- La méditerranée baigne la frange Nord de la wilaya sur une distance de plus de 120 kilomètres.
- Au Sud, les piémonts qui constituent les premiers contreforts de l'Ouarsenis, la séparent de la wilaya de Tissemsilet.
- A L'Est, elle jouxte la wilaya de Tipaza au Nord et la wilaya d'Ain Defla au Sud.
- A l'Ouest, elle est limitée par le territoire de la wilaya de Mostaganem au Nord et par celui de la wilaya de Relizane au Sud.

### **II.1.2-Sur le plan régional :**

Le territoire de la wilaya de Chlef occupe un espace intermédiaire entre l'Algérie Nord-occidentale et l'Algérie Nord-centre.

### **II.1.3-Sur le plan physique :**

Le territoire de cette wilaya se trouve dans le prolongement Est-Ouest des monts et des bassins intra-montagneux du domaine tellien. C'est un territoire partagé entre deux principales chaînes de montagnes : le Dahra au Nord et l'Ouarsenis au Sud et avec une zone déprimée au milieu, le bassin du Chélif.

## **II.2-Description de la Bande littoral de la Wilaya de Chlef :**

A partir RCLC (2004), la zone côtière de la wilaya de Chlef s'étend parallèlement à la côte, et présente dans sa majeure partie des distances par rapport à la côte assez réduites dont les valeurs maximales représentent la largeur de l'estran de différentes plages de la wilaya. La bande littorale de Chlef donne sur une large façade maritime orientée Est-Ouest, rectiligne en

général, mais sinueuse localement. Selon CNL (2020), elle possède 6 communes côtières réparties sur 129 km de littoral, représentant 7.84% du total de la cote algérienne et 20% de la région Ouest où elle appartient (Fig 9).

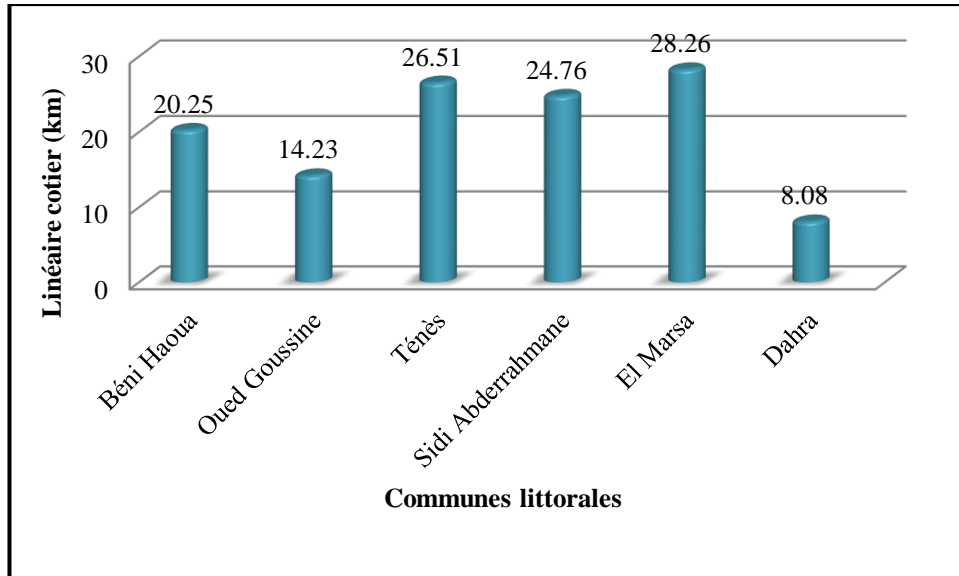


Figure 9 : Le linéaire côtier des communes littorales de la Wilaya de Chlef

La superficie côtière du littoral du Chlef est de 165.82 km<sup>2</sup> tant que sa superficie marine est de 1951 km<sup>2</sup> (Fig 10).

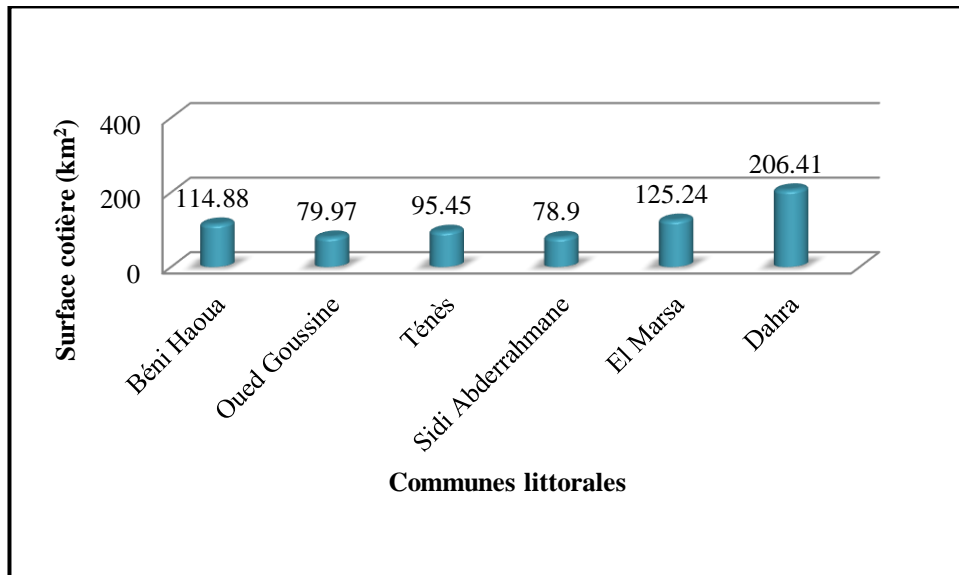


Figure 10 : La surface côtière des communes littorales de la Wilaya de Chlef

Les communes littorales sont mentionnées comme suit de l'Est à l'Ouest :

« Béni Haoua », « Oued Goussine », « Ténès », « Sidi Abderrahmane », « El Marsa », et « Dahra » (Fig 11).

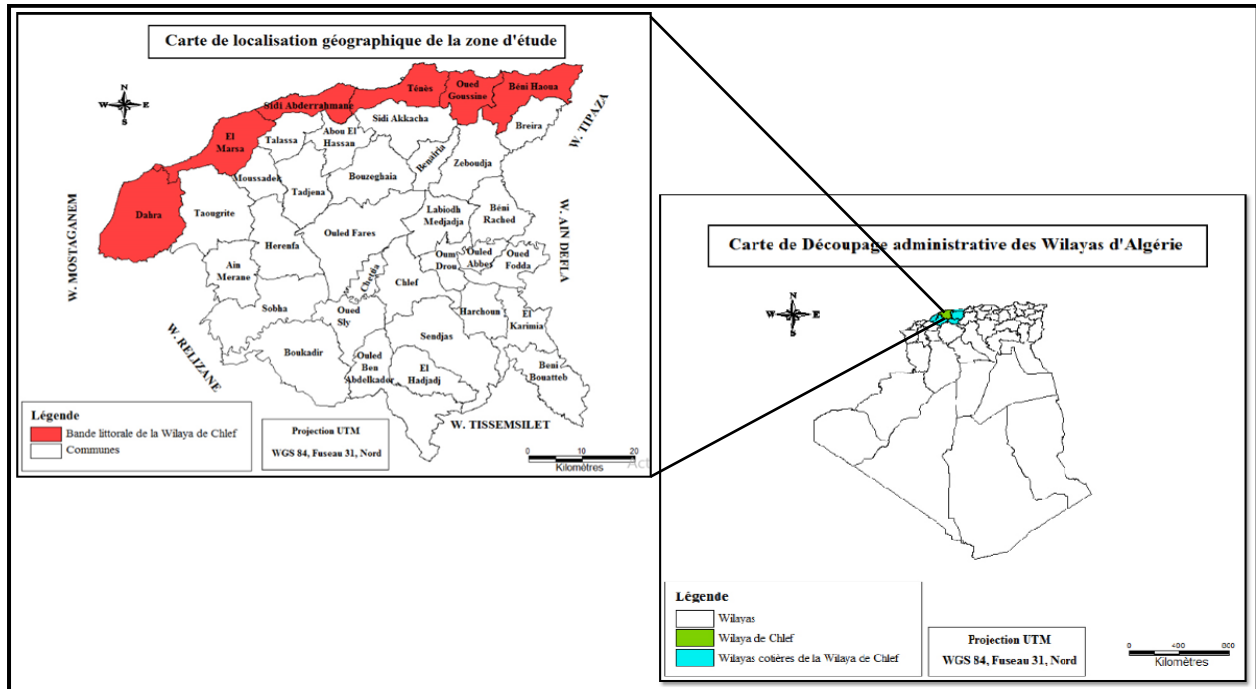


Figure 11 : Situation géographique de la marge littorale de la Wilaya de Chlef

### II.3-Description du milieu physique de la bande littorale de la Wilaya de Chlef :

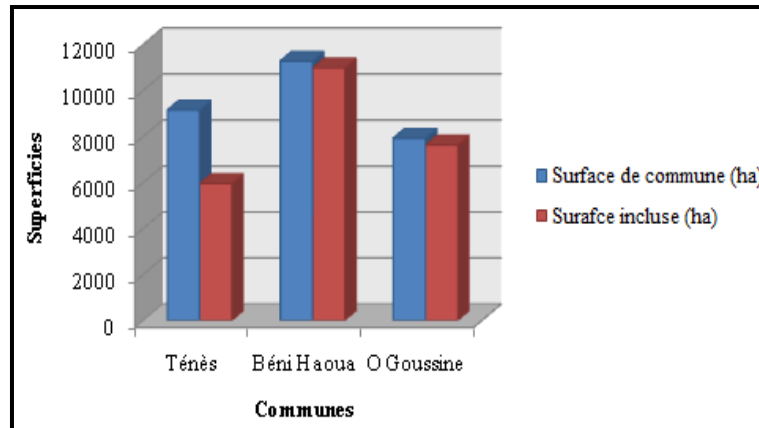
#### II.3.1-Topo-morphologie :

La topographie de la bande littorale de cette wilaya s'organise suivant les mêmes règles et le même ordre que les grands ensembles topographiques du domaine tellien, en suivant une direction générale Est – Ouest à NE-SW et marquée par deux principaux caractères morphologiques, elle est à la fois contrastée et très accidentée (PATWC 1, 2011).

Notre zone d'étude appartient à deux ensembles de reliefs montagneux :

### II.3.1.1-Monts du Zaccar :

Selon **SDAZM a (2007)**, les monts du Zaccar dans le littoral de la Wilaya de Chlef sont occupés par les communes suivantes : Ténès 65.03%, Béni Haoua 97.32% et Oued Goussine 96.21% (**Fig 12**).



**Figure 12** : Surfaces des communes incluses dans les monts du Zaccar

Les limites de ce massif dépassent celle de la Wilaya de Chlef à l'est (Wilaya de Tipaza).

### II.3.1.2-Monts du Dahra :

Ce morceau septentrional de la chaîne de l'Atlas Tellien est développé entre la mer Méditerranée au Nord et le bassin du Chélif au Sud sur une profondeur de 40 à 45 kilomètres, lui donne ses caractères majeurs : pays rude et difficile d'accès et cela, malgré des altitudes relativement faibles (**PATWC 1, 2011**).

C'est une chaîne de reliefs de moyennes montagnes dont les limites dépassent celles de la wilaya de Chlef, à l'Ouest (Wilaya de Mostaganem). La plupart des reliefs littoraux sont façonnés soit en versants – falaises, soit en falaises, vives ou mortes, soit en plages.

Les reliefs du Dahra qui forment un véritable écran pour isoler le bassin du Chélif avec sa plaine et ses principales vallées affluentes de l'influence maritime sont découpés en deux sous ensembles :

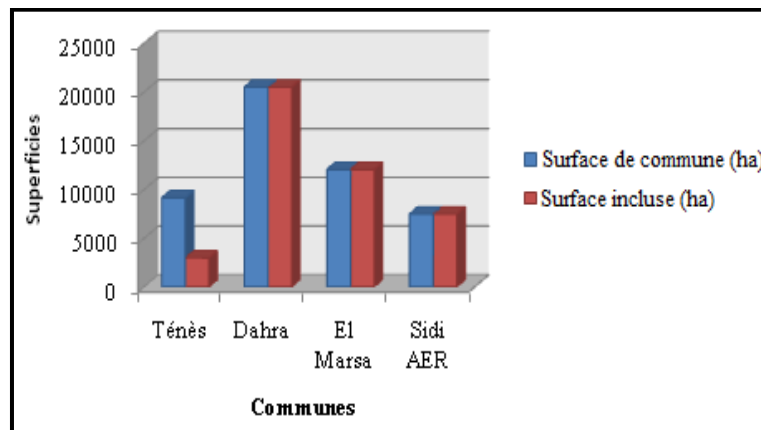
- Le cœur du Dahra ou reliefs de l'arrière pays du Dahra
- Reliefs littoraux du Dahra : Une marge littorale très accidentée et bien boisée

Notre zone d'étude appartient uniquement aux **Reliefs littoraux du Dahra** :

Le trait de côte dans la Wilaya de Chlef, malgré qu'il soit très sinueux reste dominé par son orientation générale E-W à NE-SW.

Ce sont des reliefs bien alignés le long de cette côte, bien boisés tous tournés vers le Nord. Notons aussi que les reliefs littoraux du Dahra dans cette wilaya se succèdent le long de la côte sans interruption, les seules discontinuités sont relevées au niveau des vallées débouchant perpendiculairement en mer Méditerranée (PATWC 2, 2011).

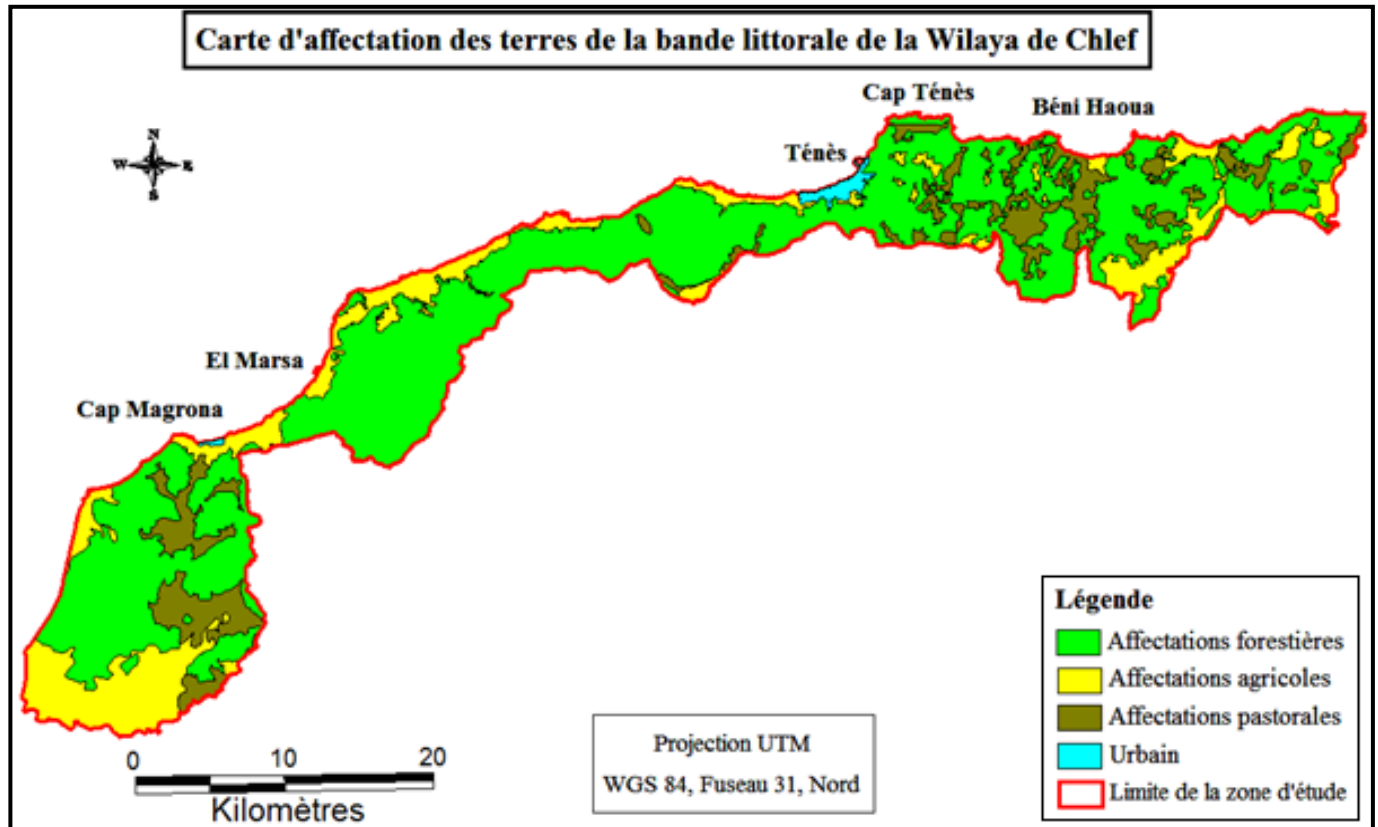
Selon SDAZM b (2007), les monts du Dahra dans le littoral de la Wilaya de Chlef sont occupés par les communes suivantes, soit les taux inclus sont les suivants : Ténès 32.76%, Dahra 100%, El Marsa 100% et Sidi Abderrahmane 100% (Fig 13).



**Figure 13** : Surfaces des communes incluses dans les monts du Dahra

### II.3.2-Occupation de sol :

La bande littorale de la Wilaya de Chlef comprend cinq types d'affectations (Fig 14).



**Figure 14 :** Carte d'occupation de sol de la BLWC (BNEDER, 2008)

A partir la carte d'affectation des terres, nous avons fait ressortir les résultats suivants (**Fig 15**) :

- Les terres forestières avec une superficie de 46118 ha (soit 67.6 %)
- Les terres agricoles avec une superficie de 12907 ha (soit 18.92 %)
- Les terres pastorales avec une superficie de 8735 ha (soit 12.8 %)
- Les terres incultes avec une superficie de 528 ha (soit 0.77%)



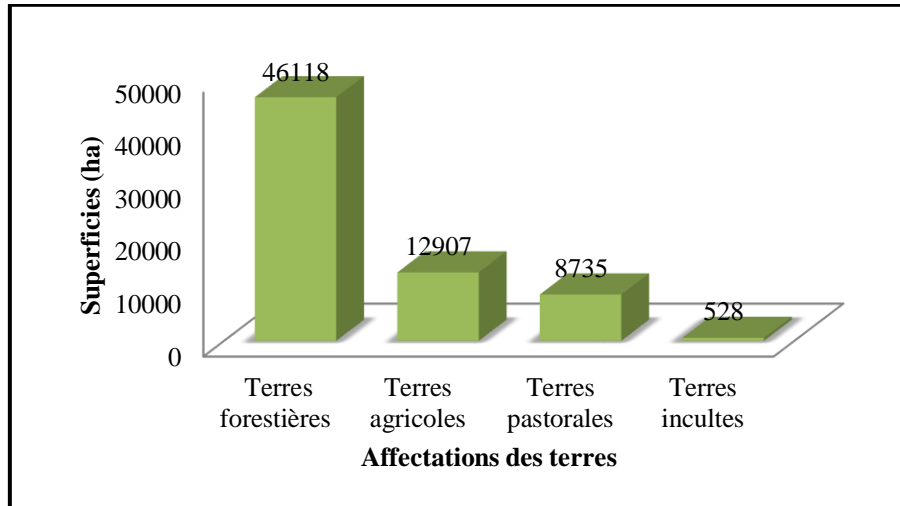


Figure 15 : Occupation des terres au niveau du littoral de la Wilaya de Chlef

II.3.3-Caractérisation générale des formations forestières :

La bande littorale de la Wilaya de Chlef comprend quatre principales formations forestières (Fig 16).

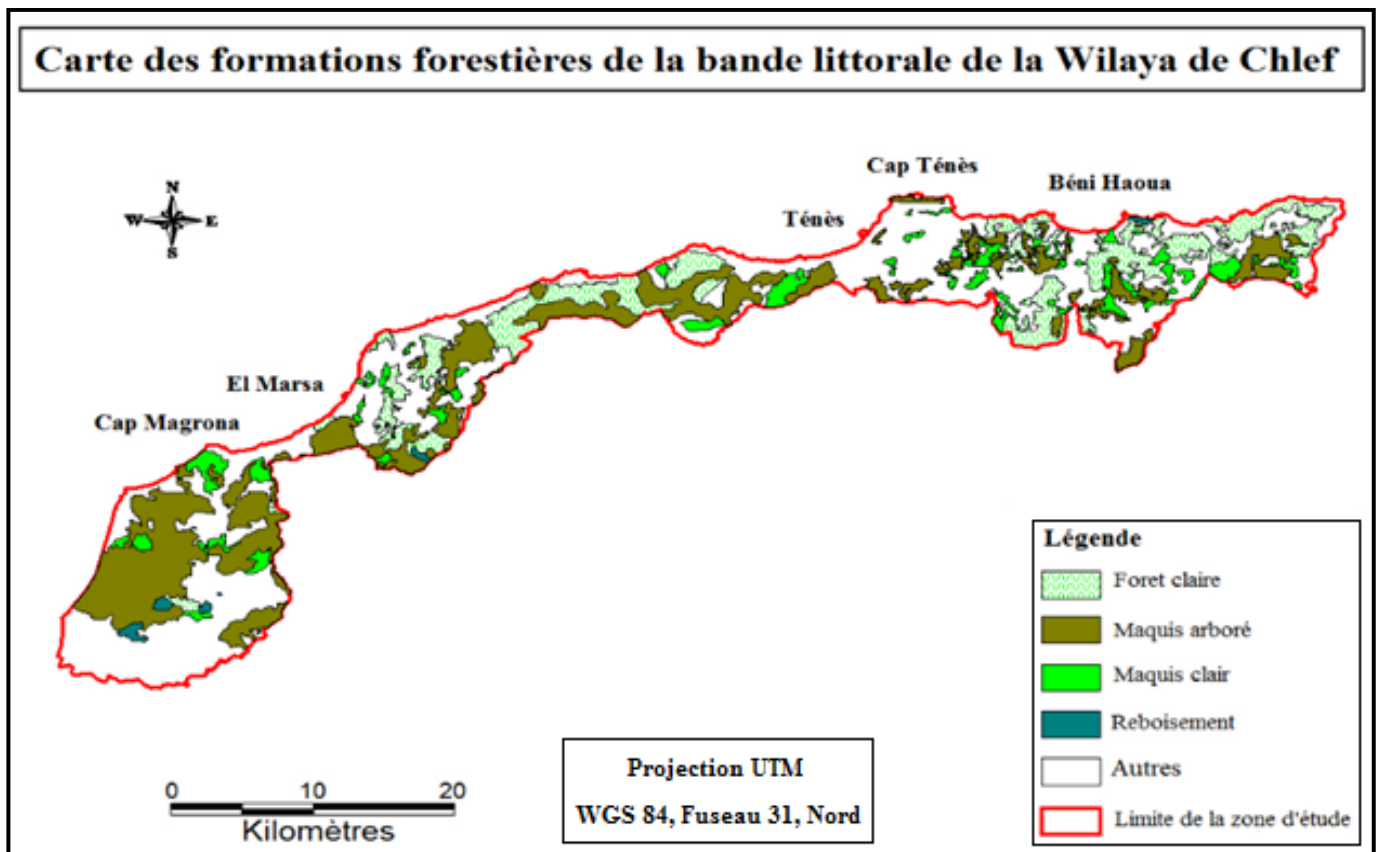
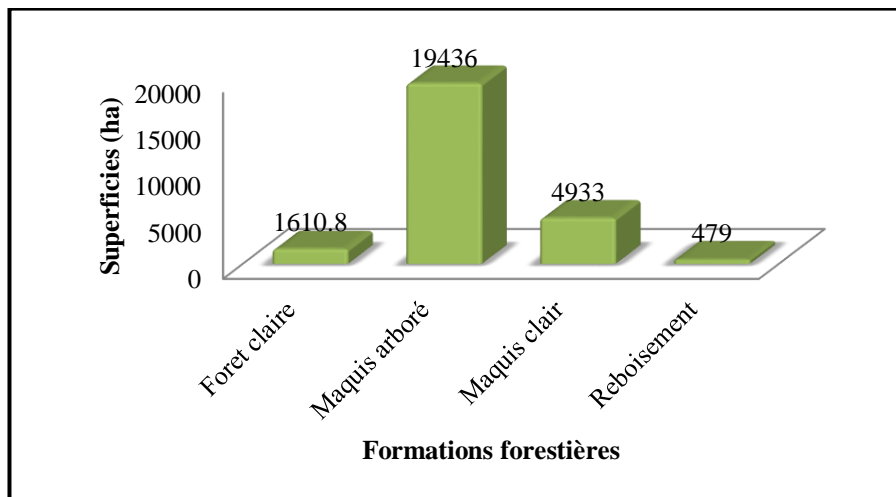


Figure 16 : Carte des formations forestières de la BLWC (BNEDER, 2008)

Les superficies occupées par chaque formation forestière sont ressortis à partir de la carte des formations forestières (**Fig 17**) :

Les formations forestières représentent (67.6 %). Elles se caractérisent par la prédominance des maquis arboré qui sont les suivants :

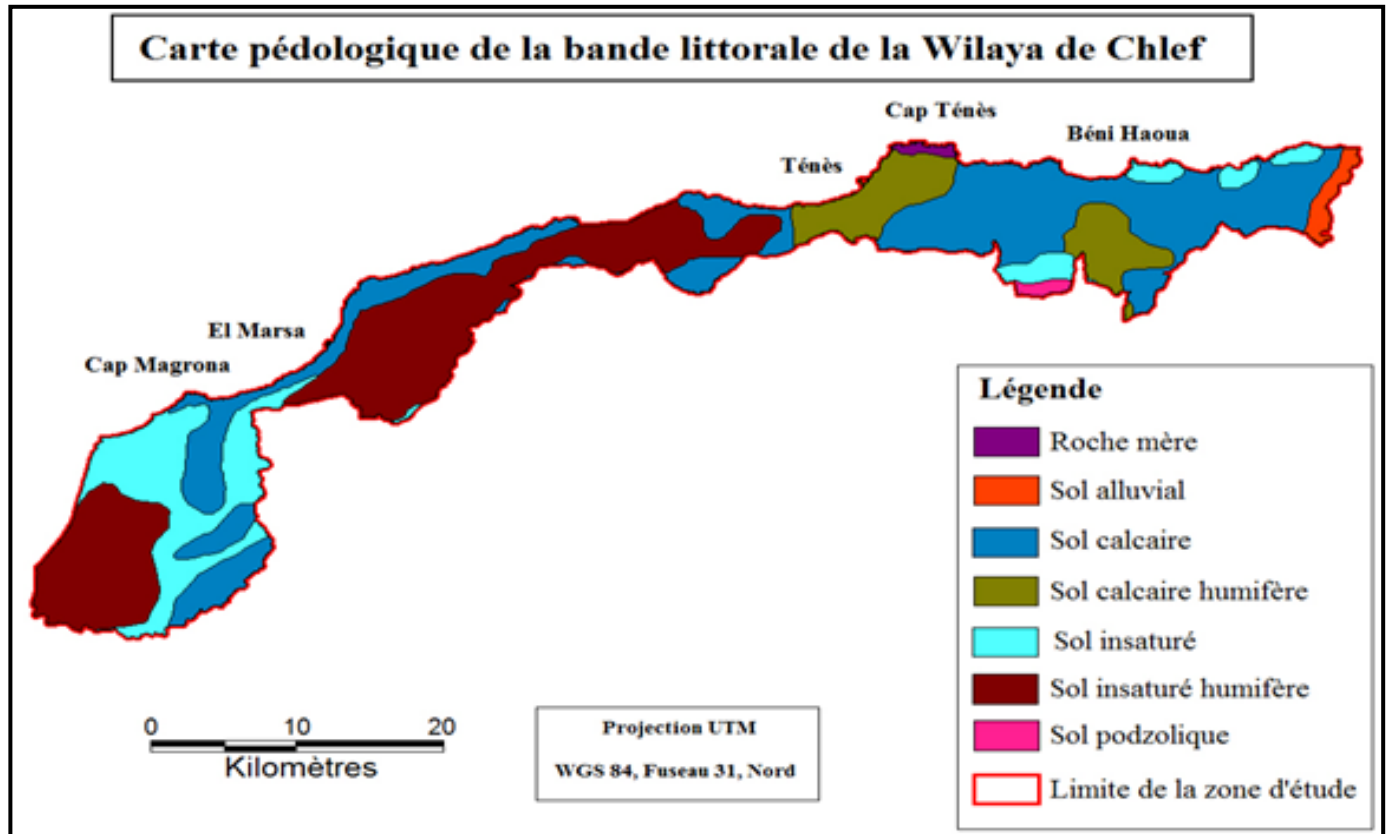
- Les forêts claires avec une superficie de 1610.8 ha (soit 2.36 %)
- Les maquis arborés avec une superficie de 2007 ha (soit 28.94 %)
- Les maquis clairs avec une superficie de 4933 ha (soit 7.23 %)
- Les reboisements avec une superficie de (0.7%)



**Figure 17** : Répartition des formations forestières au niveau du littoral de la Wilaya de Chlef

#### II.3.4-Pédologie :

La marge littorale de la Wilaya de Chlef compte six types de Sol dont les sols insaturés humifères occupent une superficie importante (**Fig 18**).



**Figure 18** : Pédologie de la BLWC (BNEDER, 2008)

A propos **Bencherit (1956)**, la description des sols rencontrés dans notre zone d'étude est la suivante :

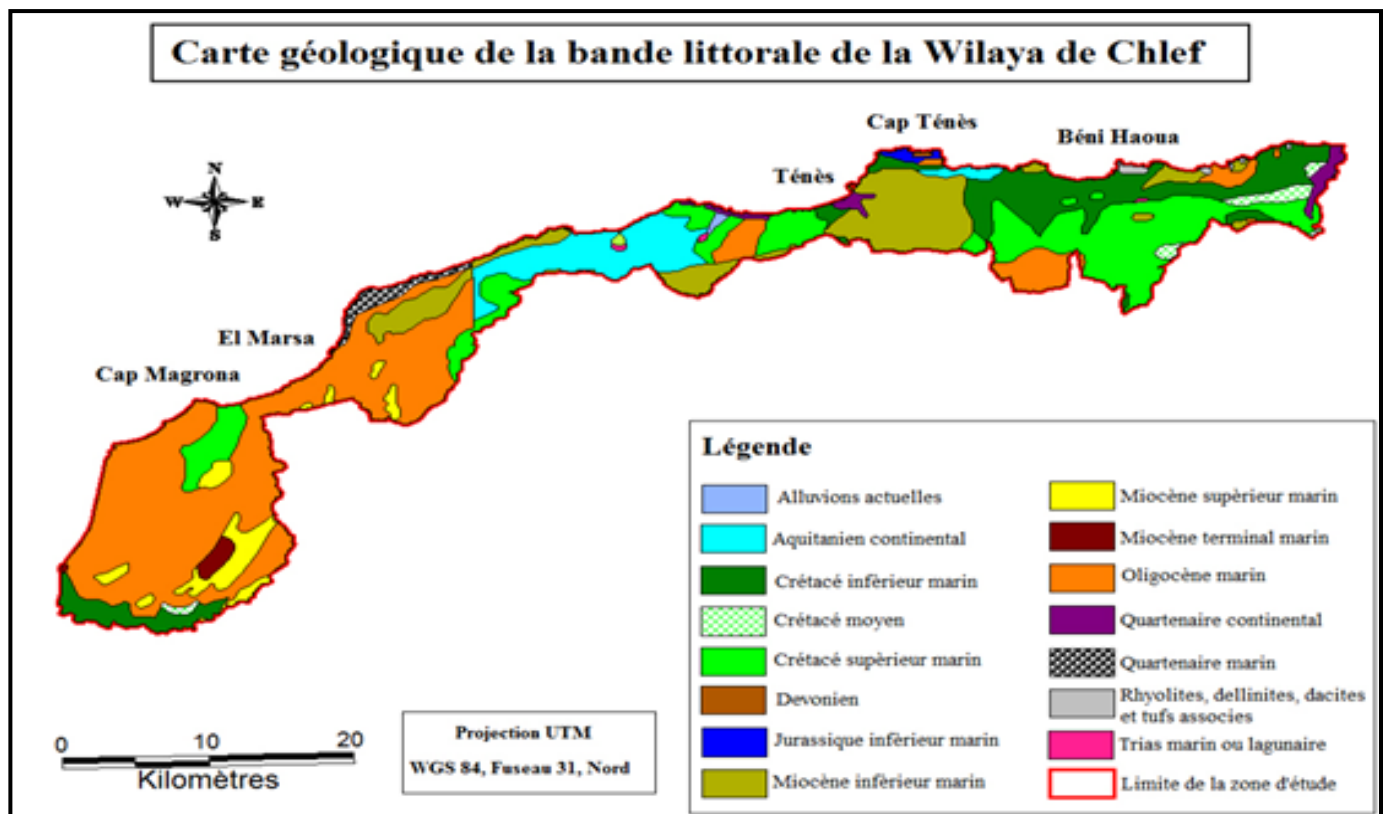
**Tableau 2** : Description de la pédologie du littoral de la Wilaya de Chlef

Type pédologique	Description
<b>Sols calcaires</b>	J-H. Durand (1954) signale que les sols calcaires appartiennent au groupe calcaire qui comporte tous les sols formés à partir de roches calcaires, ne présentent qu'un seul horizon différencié et se caractérisent par l'accumulation de calcaire au sommet du profil.
<b>Sols insaturés</b>	Ils appartiennent au groupe non-calcaire selon la classification de (J. H. Durand, 1954) et ils résultent de la décomposition superficielle de roches non calcaires donnant des éléments grossiers riches en bases ou encore des éléments argileux imperméables.
<b>Sols</b>	Appartenant au même groupe des sols insaturés qui comporte les sols

<b>podzoliques</b>	formés sur roche mère non calcaire. Ils se forment dans des conditions d'humidité telles que les sels sont dissous et entraînés en profondeur de même que les colloïdes organiques et minéraux.
<b>Roche mère</b>	Concernant la roche mère, elle se trouve uniquement dans la Cap de Ténès.
<b>Sol alluvial</b>	Il occupe une petite superficie sur la cote Est de la Commune de Béni Haoua.
<b>Sol calcaire humifère</b>	Il occupe deux parties, la première se localise dans la commune de Ténès et la deuxième se figure dans les communes de Béni Haoua et Oued Goussine.
<b>Sol insaturé humifère</b>	La superficie occupée par ce type de sol se répartie sur les communes de Ténès, Sidi Abderrahmane, El Marsa et Dahra.

**II.3.5-Géologie :**

La bande littorale de la Wilaya de Chlef chevauche sur un domaine interne qui ne concerne que les reliefs littoraux du Dahra au Nord qui présentent une grande diversité géologique dont il existe une prédominance des terrains de type Oligocène marin (Fig 19).



**Figure 19 :** Géologie de la BLWC (BNEDER, 2008)

L'étude géologique du littoral du Chlef permet de dégager 15 formations géologiques décrites dans le tableau suivant :

**Tableau 3 :** Description de la géologie du littoral de la Wilaya de Chlef

<b>Type géologique</b>	<b>Description</b>
<b>Le crétacé</b>	<p>Le crétacé trouvé dans notre zone d'étude est de trois types : le crétacé inférieur marin, le crétacé moyen et le crétacé supérieur.</p> <p>Dans le Dahra, le Crétacé est très développé, il affleure plus particulièrement dans la partie Est, sur la marge littorale et sur les reliefs développés à l'amont de l'oued Damous. Quant à l'Ouest, le Crétacé n'affleure que dans certains reliefs isolés autour du Dj. Sabor et Dj. Hallouda à la limite NW de la wilaya de Chlef.</p>
<b>Le jurassique</b>	<p>C'est le jurassique inférieur marin qu'on trouve dans notre zone d'étude.</p> <p>Il existe des affleurements jurassiques dans le littoral du Chlef qui sont rencontrés dans le Dahra mais rarement, parmi les plus importants, nous citons ceux de Cap Ténès, développés dans le Dj. Sidi Merouane et partiellement dans le Dj. AchZerfet.</p>
<b>Le miocène</b>	<p>La marge littorale de la wilaya de Chlef rencontre deux types de Miocène : le premier est le Miocène inférieur marin et le deuxième est le Miocène supérieur marin.</p> <p>Le Miocène est très répandu sur le littoral du Chlef, particulièrement dans les sous bassins littoraux et intra montagneux du Dahra.</p> <p>La sédimentation miocène dans le Dahra, débute par une alternance de grès, de calcaires et de poudingues datés du Miocène inférieur suivi d'une sédimentation cartennienne dominée par des marnes sur lesquelles reposent des argiles helvétiques et se terminant vers le haut par des grès à Ostreacassissima (Tortonien) et des marnes bleues du Sahélien.</p>
<b>L'oligocène</b>	<p>L'oligocène marin qu'on rencontre dans la bande littorale de la Wilaya de Chlef.</p> <p>Ce complexe est bien représenté au Sud de Ténès, dans le Dj. Bissa, Dj. Sidi Bernous et Dj. Takelout, il vient coiffer ici les terrains crétacés. Vers l'Ouest</p>

	du Dahra, les affleurements datant de cet épisode, sont plus développés dans ce secteur et forment toute la marge littorale de cette zone entre l'oued Kramis à l'Ouest et les reliefs développés autour de Ténès à l'Est.
<b>Le Quaternaire</b>	Le quaternaire est représenté par des formations superficielles variées, d'origine alluviale ou colluviale. Dans notre zone d'étude, on rencontre deux types de Quaternaire : le Quaternaire continental et marin. Les formations quaternaires ont un intérêt particulier pour l'agriculture à travers l'importance de l'altération des formations superficielles et le développement des sols (pédogenèse).
<b>Le Trias</b>	Parmi les principaux et les anciens affleurements triasiques de type lagunaire ou marin de la marge littorale de la Wilaya, ce sont ceux qu'on peut rencontrer au cœur du Dahra, sur les deux rives de l'oued Amri à environ 04 kms de la mer et sur le versant Nord de Dj. Gueddah à 02 kms environ du rivage. Il affleure également au contact des andésites des falaises de Sidi Djilani à l'Est de Ténès et au lieu dit Taouinet, sur le versant Nord de Dj. Tizi Mechta à 01 km du rivage, en face de la baie des Souhalias à l'Est de Ténès.
<b>Alluvions actuelles</b>	On les retrouve uniquement dans la commune de Ténès.
<b>Aquitaniens continentaux</b>	La plus grande partie de ce type géologique est rencontrée dans la commune de Sidi Abderrahmane, et elle occupe une petite partie de la Commune de Oued Goussine ainsi que le Cap de Ténès.
<b>Devonien</b>	Se trouve uniquement dans le Cap de Ténès.
<b>Rhyolites, andésites, dacites, et tufs associés</b>	Il y a quelques taches de ce type géologique dans la commune de Béni Haoua.

Source : (PATWC 1, 2011)

### II.3.6-Lithologie :

La marge côtière de la Wilaya de Chlef possède 8 types lithologiques diversifiés, où la croûte calcaire qui bénéficie la superficie la plus importante par rapport aux autres (**Fig 20**).

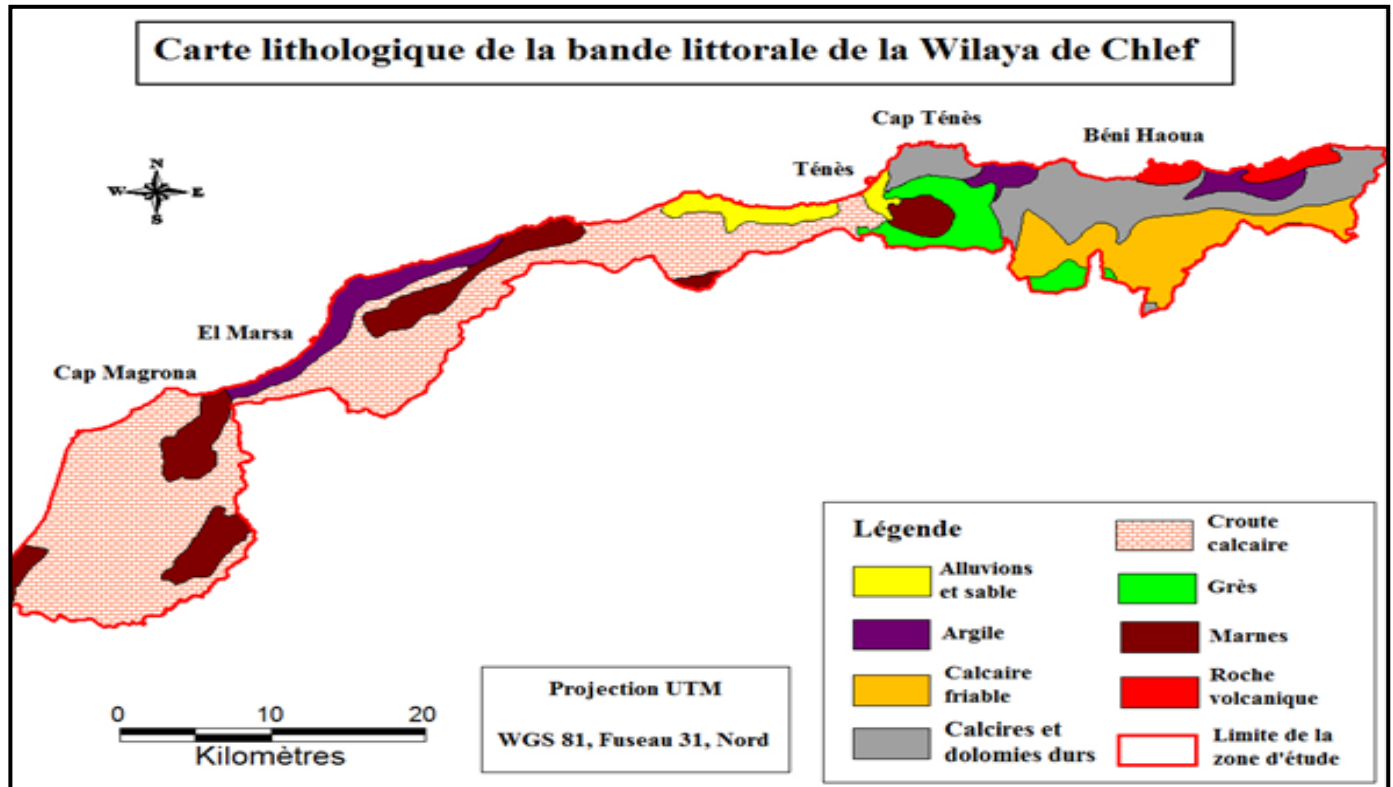


Figure 20 : Lithologie de la BLWC (BNEDER, 2008)

La localisation de chaque formation lithologique rencontrée dans la zone d'étude est la suivante :

Tableau 4 : Localisation de la lithologie du littoral de la Wilaya de Chlef

Type lithologique	Description
Alluvions et sable	Ils sont présents uniquement dans la commune de Ténès dont la surface occupée est de 21.36 ha soit 3.13%.
Argile	Il se répartit dans trois communes dont la superficie occupée par chaque commune est : Béni Haoua 10.78 ha, Oued Goussine 7.33 ha et El Marsa 29.8ha.
Calcaire friable	Ce type lithologique prend une partie considérable dans le massif du Zaccar représentée par 71.6 soit 10.53%.
Calcaires et dolomies durs	Caractérisent le massif du Zaccar avec une superficie importante 93.38 soit 13.68% de tout le littoral.
Croûte calcaire	Occupe la superficie la plus importante représentée par 315.5, soit 46.24

	%de la superficie totale de notre zone d'étude, il caractérise le massif du Dahra dont les communes rencontrées sont Ténès, El Marsa et Dahra)
<b>Grès</b>	Il se trouve uniquement dans le massif du Zaccar avec une superficie de 36.18 soit 5.3%.
<b>Marnes</b>	Ils sont répartis sur tout le littoral sauf la Daïra de Béni Haoua dont la surface occupée est de 81.87, soit 12%.
<b>Roche volcanique</b>	La superficie occupée par la roche volcanique qui se trouve uniquement dans la Daïra de Béni Haoua est de 14.04, soit 2.05% de toute la zone d'étude.

### II.3.7-Hydrologie :

Selon **PATWC 1 (2011)**, le réseau hydrographique de la bande littorale de la wilaya de Chlef, bien qu'il soit entièrement dépendant de la mer méditerranée, reste très variable dans sa typologie et son fonctionnement suivant les domaines morphologiques traversés (**Fig 21**).

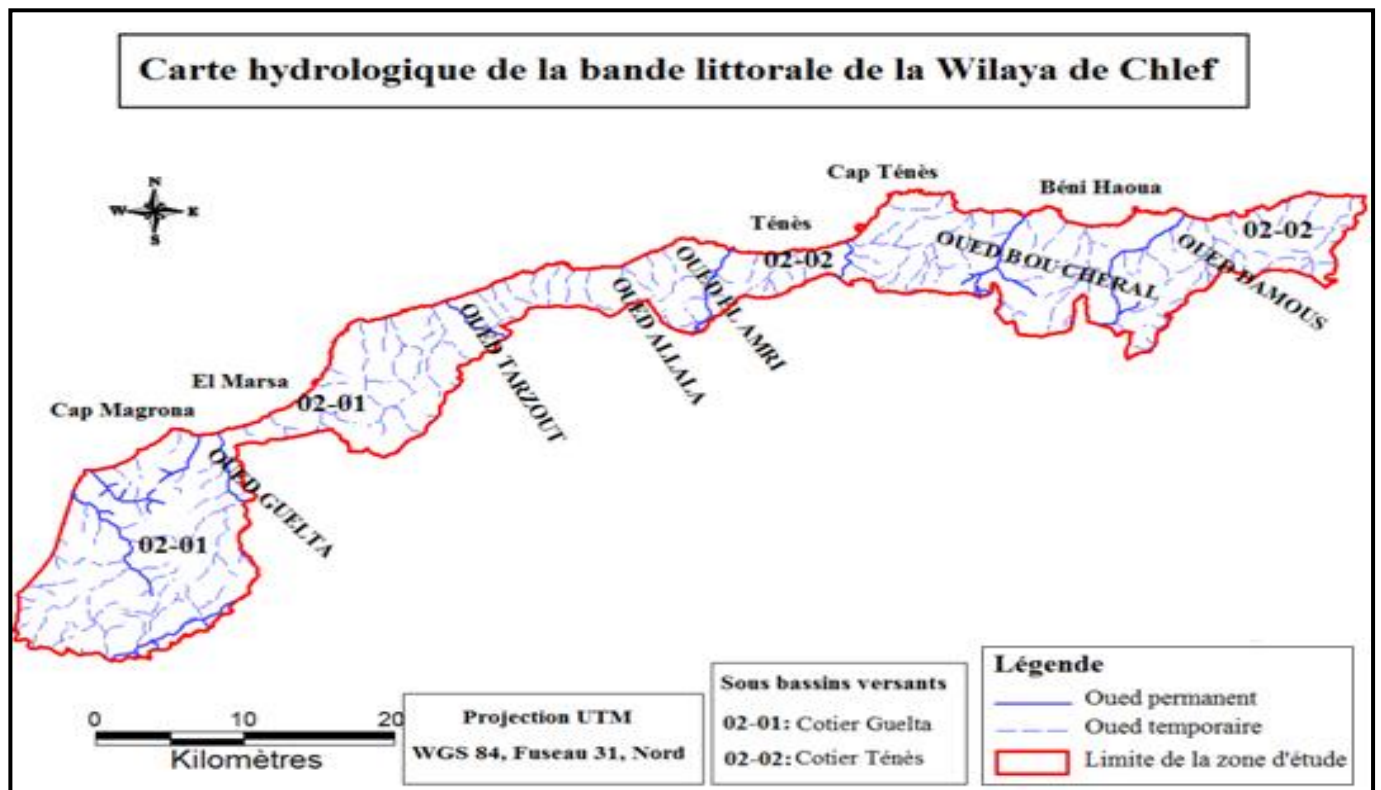
La bande littorale de la Wilaya de Chlef est une marge qui représente en elle seule une zone homogène condamnée dans son évolution par l'érosion continentale et par la dynamique littorale liée principalement au rôle de la mer. Dans le détail, cette zone homogène littorale est structurée de plusieurs sous zones homogènes dont la présence est liée à la diversité des paysages morphologiques et aux contrastes morpho dynamiques dans leur combinaison avec les facteurs fluvio-hydrolittoraux, climatiques et biogéographiques. Il s'agit des sous zones suivantes :

- 1- Les Plaines et vallées littorales qui regroupent les principales vallées suivantes :
  - Sous zone de la vallée de l'oued Damous (rive gauche) qui représente la limite Est de la wilaya de Chlef avec celle de la wilaya de Tipaza.
  - Sous zone de la vallée de l'oued Allala débouche dans la ville de Ténès et qui draine un vaste bassin versant développé au Sud de cette ville.
  - L'oued Bou Cheral qui débouche en mer sous les reliefs de Kef El Ahmar.



D'autres vallées étroites sont développées à l'Ouest de Ténès :

- L'oued Amri
  - L'oued Tarzout
  - L'oued Guelta à la limite Ouest de la wilaya de Chlef
- 2- Plages et falaises (falaises vives et mortes).  
3- Versants littoraux ou Versants – falaises.



**Figure 21** : Hydrologie de la BLWC (BNEDER, 2008)

Selon **ABHCZ (2003)**, le territoire de la bande littorale de la wilaya de Chlef ne constitue pas une unité hydrographique naturelle. Il fait partie d'un réseau hydrographique formé de deux bassins versants (Côtier Ténès et Guelta) font partie du bassin Côtier. Les principales caractéristiques de ces bassins figurent dans le tableau ci-après.

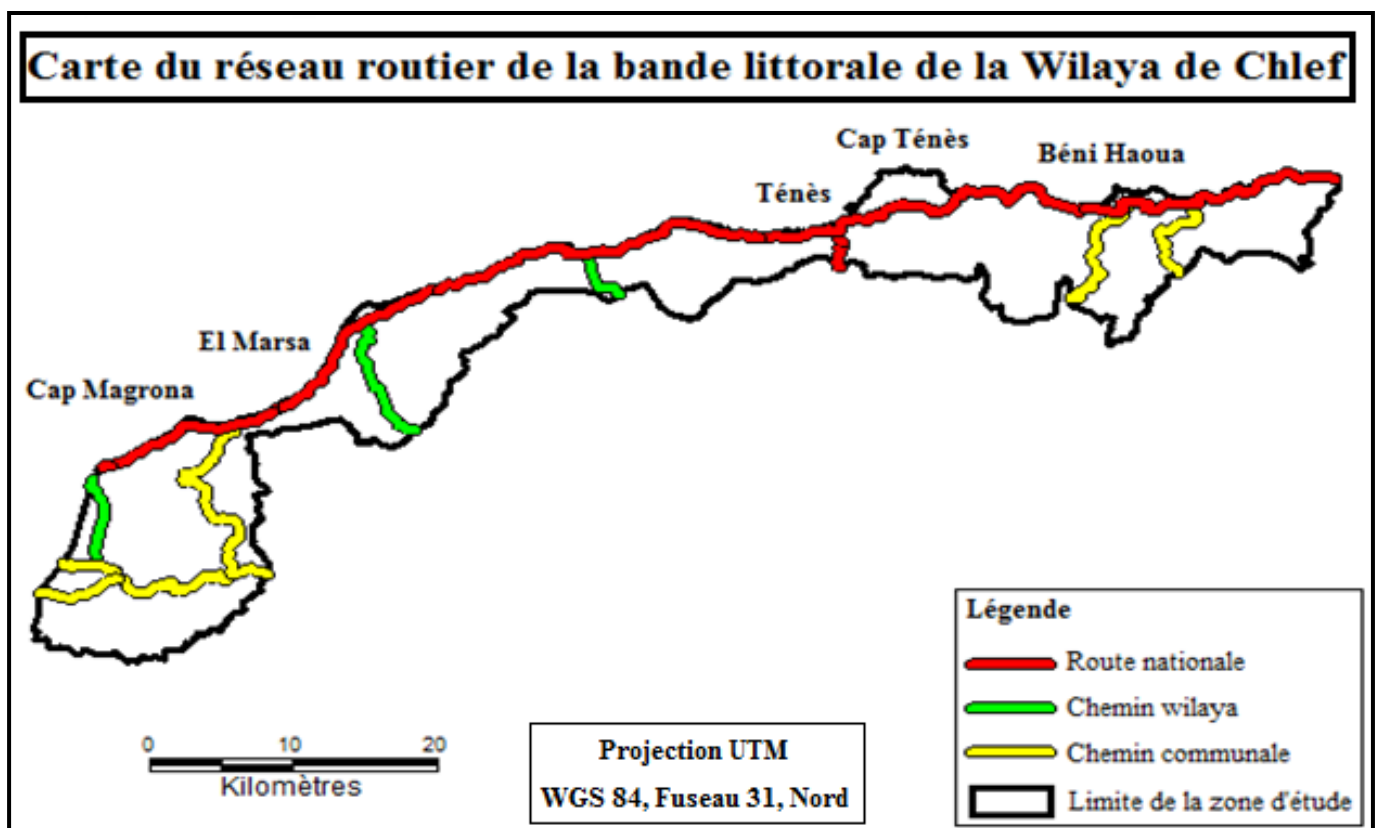
**Tableau 5** : Caractéristiques des sous bassins inclus dans la bande littorale du Chlef

Sous bassins versants	Superficie (km <sup>2</sup> )			Périmètre (km)		Classe de relief
	Totale	Incluse	Taux d'inclusion %	Totale	Inclus	
<b>Côtier Guelta</b>	1312	459	35	243	114	Modéré
<b>Côtièrs Ténès</b>	1324	1048	79	245	214	Assez fort

Source : (ABHCZ, 2003)

**II.3.8-Réseau routier :**

La carte du réseau routier de la bande littorale de la Wilaya de Chlef présente les routes nationales, les chemins wilaya et les chemins communales traversant la marge littorale de la wilaya de Chlef (Fig 22).

**Figure 22** : Réseau routier de la BLWC (BNEDER, 2008)

Le tableau ci-dessous indique toutes les routes nationales et chemins de wilaya traversant la marge littorale de la wilaya de Chlef, avec identification du début et de la fin de

la route ainsi que son linéaire en KM. Un taux de 75.9 % du réseau global (RN, CW et CC) est pratiquement en très bon état et concerne principalement les routes nationales. Par contre, une faible partie du réseau (9.87 %) est en état moyen, tant que (14.22 %) du réseau est en mauvais état.

**Tableau 6 : Etat du réseau routier**

Commune	Bon			Moyen			Mauvais		
	RN (km)	CW (km)	CC (km)	RN (km)	CW (km)	CC (km)	RN (km)	CW (km)	CC (km)
Béni Houa	19	11	24,2	0	0	0	4	0	8,8
O/ Goussine	15	8	18	0	11	5,8	0	0	13,2
El Marsa	27	4	22,1	0	0	4	0	0	4
Dahra	6,9	10	42,7	0	0	12,9	0	10,5	0,5
Ténès	32	0	16,5	0	0	1	0	0	0
Sidi AER	12	3	28,5	0	0	4,3	0	0	15,2
<b>Total</b>	111,9	36	152	0	11	28	4	10,5	41,7
<b>Total</b>	299,9			39			56,2		
%	75,9%			9,87%			14,22%		

Source : (PATWC 1, Phase 1)

### II.3.8.1-Description des principaux axes stratégiques du réseau routier :

La **RN11** : Cet axe a une longueur de 122 Km. Il commence du PK 148+000 à la limite wilaya Tipaza/Chlef et se termine à la limite wilaya Chlef/ Mostaganem au PK270+900. L'état de la chaussée est relativement bon niveau de la commune de Béni Haoua. L'axe présent homogène sur une largeur de chaussée de 7 m. Cet axe dessert toute la bande littorale de la wilaya de Chlef, il constitue un élément primordial pour le développement de l'activité touristique (PATWC 1, 2011).

La **RN11** fait intersection avec la route nationale **RN19**, ainsi que les chemins de wilaya **CW24**, **CW34**, **CW44**, et **CW102**, et passe par plusieurs agglomérations à savoir : Béni Haoua, Oued goussine, Ténès, Sidi Abderahmane, El Marsa et Dahra. Cet axe présente généralement une forte sinuosité, pouvant assurer une vitesse moyenne de plus de 60 km/h (PATWC 1, 2011).

**II.3.9-Climat :**

A l'instar des autres régions côtières d'Algérie, la bande littorale de la wilaya de Chlef est soumise à l'influence conjuguée de la mer, du relief et de l'altitude.

Compte tenu des données fournies par le site « Nasa power », nous nous sommes référés par rapport à la station météorologique de Ténès pour bien définir le climat de la marge littorale de la Wilaya de Chlef, où nous avons analysé les caractéristiques des principales variables climatiques (précipitation, température) sur une période de vingt ans allant de 1999 jusqu'à 2019.

**II.3.9.1-Facteurs climatiques :****II.3.9.1.1-Précipitations :**

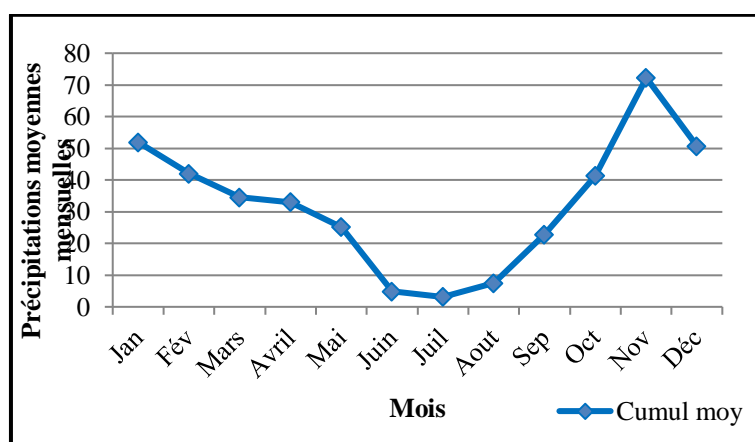
La pluie est le facteur climatique le plus important qui influe sur le phénomène d'occurrence des feux (Trabaud, 1983 in Lakhel, 2016).

Les données du tableau consignent les différentes variations mensuelles de précipitation.

**Tableau 7 :** Les précipitations moyennes mensuelles et annuelles « 1999-2019 »

Mois	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc	Annuel
Cumul moy(mm)	51,9	42,03	34,48	33,05	25,11	4,83	3,11	7,46	22,78	41,33	72,23	50,68	388,99

Source : Nasa power, 2021



**Figure 23 :** Courbe des précipitations mensuelles « 1999-2019 »

L'analyse pluviométrique du tableau 7 et la figure 23 ressortent une très grande variation et une irrégularité des précipitations mensuelles avec un maximum de 72.23 mm au mois de novembre et un minimum de 3.11 mm au mois de juillet.

**Tableau 8 : Régime pluviométrique saisonnier de la station**

Station	Hiver	Printemps	Eté	Automne	Régime saisonnier
Ténès	P (mm) 144.61	P (mm) 92.64	P (mm) 15.4	P (mm) 136.34	HAPE

Source : Nasa power, 2021

Selon cet arrangement, on constate la saison hivernale qui a enregistré un maximum pluviométrique, tandis que le minimum de pluviométrie est enregistré pendant la saison estivale. Pour le reste des saisons on s'aperçoit que le régime saisonnier caractérise un automne pluvieux que le printemps.

### II.3.9.1.2-Température :

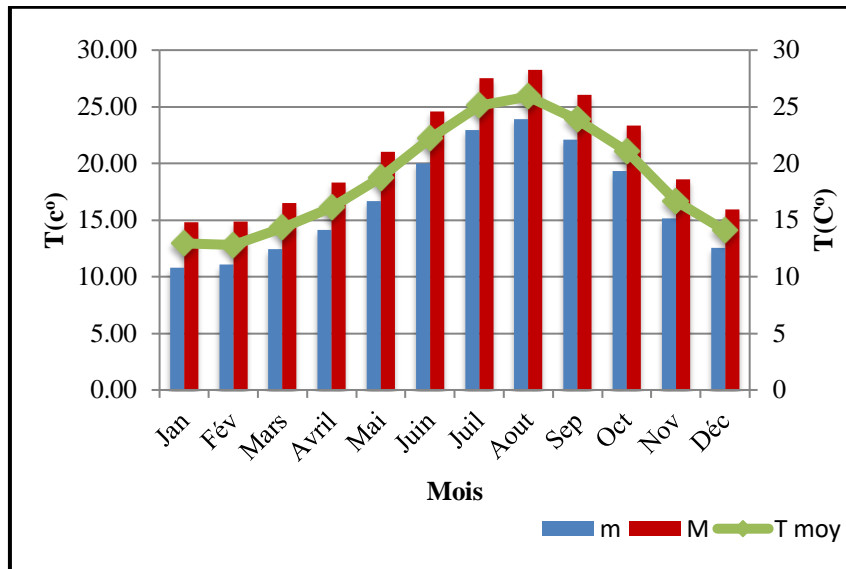
Les températures sont parmi les facteurs climatiques les plus importants après les pluies (Dreux ,1974 in Cherifi, 2017).

Les températures moyennes mensuelles sont mentionnées dans le tableau suivant :

**Tableau 9 : Les températures moyennes mensuelles et annuelles « 1999-2019 »**

	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc	Annuel
T moy (C°)	12,93	12,8	14,32	16,11	18,74	22,21	25,1	25,9	23,86	21,08	16,67	14,09	223,81
m(C°)	10,82	11,07	12,41	14,1	16,66	20,01	22,92	23,9	22,08	19,35	15,13	12,57	201,02
M(C°)	14,82	14,85	16,52	18,33	21	24,56	27,54	28,27	26,05	23,34	18,59	15,96	249,83

Source : Nasa power, 2021



**Figure 24 :** Variation des températures mensuelles « 1999-2019 »

D'après le tableau 9 et la figure 24, on remarque que :

-Le mois de février est le mois le plus froid, alors que le mois d'Aout est le plus chaud. Par conséquent, la saison hivernale est la plus froide, par contre la saison la plus chaude est celle de l'été.

-La plus petite valeur de « m » s'affiche au mois de Novembre avec 10,82C° et la plus grande valeur « M » est enregistrée au mois d'Aout avec 23,9C°.

-Le maxima des températures moyennes maximales « M » est enregistré pendant le mois d'Aout 28,27C°. Cependant le minimum est enregistré en décembre avec 14,82C°.

### II.3.9.3-Synthèse climatique :

Ce type de synthèse est primordial pour toute étude relative à l'environnement. Elle est faite à partir des travaux d'**Emberger (1930-1950)**, **Bagnouls et Gaussen (1955)**. Elle conditionne la combinaison des différents paramètres climatiques T (C°) et P (mm) dont divers types de diagrammes sont destinés à donner une présentation graphique des paramètres majeures du climat propre à la station d'étude (Ténès).

### II.3.9.4-Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen :

Bagnouls et Gaussen (1953) ont mis une méthode simple et efficace de discrimination entre la saison sèche et la saison pluvieuse à partir d'une représentation graphique ou la

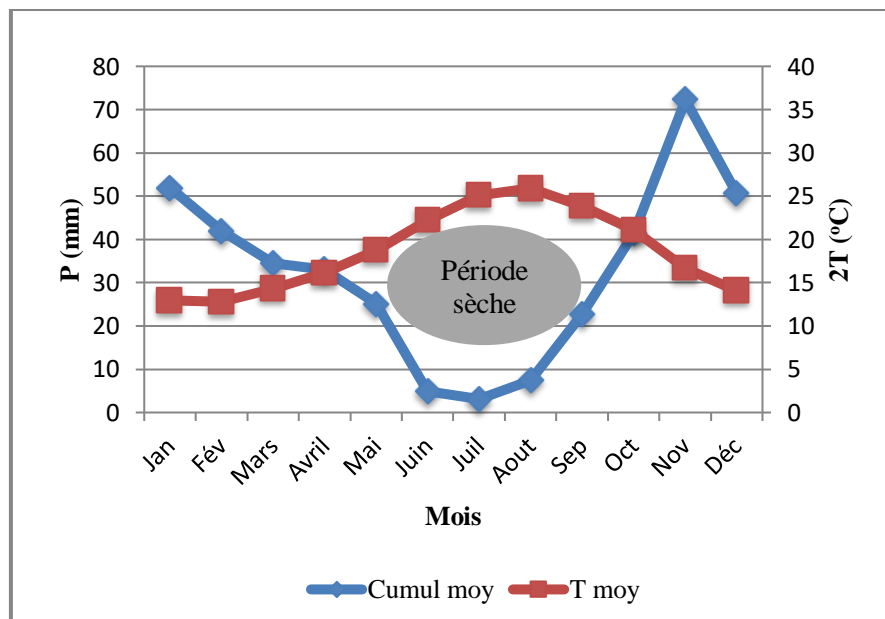
formule s'écrit :  $p < 2T$ . La période sèche se manifeste lorsque la courbe des précipitations rencontre celle des températures et passe en dessous de cette dernière.

D'après Bagnouls et Gaussen (1953), la sécheresse n'est pas nécessairement l'absence totale des pluies, mais elle se manifeste quand les faibles précipitations conjuguent avec des fortes chaleurs.

**Tableau 10** : Les précipitations et les températures mensuelles « 1999-2019 »

	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc	Annuel
<b>Pmoy (mm)</b>	51,9	42,03	34,48	33,05	25,11	4,83	3,11	7,46	22,78	41,33	72,23	50,68	388,99
<b>T moy (C°)</b>	12,93	12,8	14,32	16,11	18,74	22,21	25,1	25,9	23,86	21,08	16,67	14,09	223,81

Source : Nasa power, 2021



**Figure 25** : Diagramme ombrothermique de la station de Ténès « 1999-2020 »

La figure 25 permet de visualiser :

- **Une période sèche** : qui s'étale de mi de mois d'avril jusqu'à mois d'octobre ce qui caractérise notre station d'étude par une sécheresse de 7 mois. La température varie entre un maximum de 25.9 C° au mois d'Aout et un minimum de 16.11 C° au mois d'avril.

- **Une période pluvieuse** : qui s'étend de mois d'octobre jusqu'à mi avril. Le maximum de température est de 16.67 C° au mois de novembre, tant que le minimum est enregistré au mois de février avec 12.8 C°.

#### II.3.9.5-Quotient pluviométrique d'Emberger :

Emberger (1955) a institué un quotient pluviométrique « Q2 » pour déterminer l'ambiance bioclimatique valable pour les climats de type méditerranéen. L'emploi du quotient pluviométrique Q2 est spécifique au climat méditerranéen. Ce quotient permet d'apprécier l'aridité des régions méditerranéennes.

Il est exprimé par les valeurs de l'équation suivante :

$$Q2 = \frac{2000p}{(M^2 - m^2)}$$

- **P (mm)** : moyenne des précipitations annuelles (mm).
- **M(k°)** : moyenne des maxima du mois le plus chaud en (k°) : (k°) = (C°) + 273.2.
- **m(k°)** : moyenne des minima du mois le plus froid en (k°) : (k°) = (C°) + 273.2.

**Tableau 11** : Indice d'Emberger de la station Ténès

Paramètres	P (mm)	M(k°)	m(k°)	Q2
Valeurs	388.99	301.47	284.02	76.15

D'après la valeur de Q2, en déduire que notre zone d'étude présente un climat semi aride à hiver chaud (**Fig 26**).



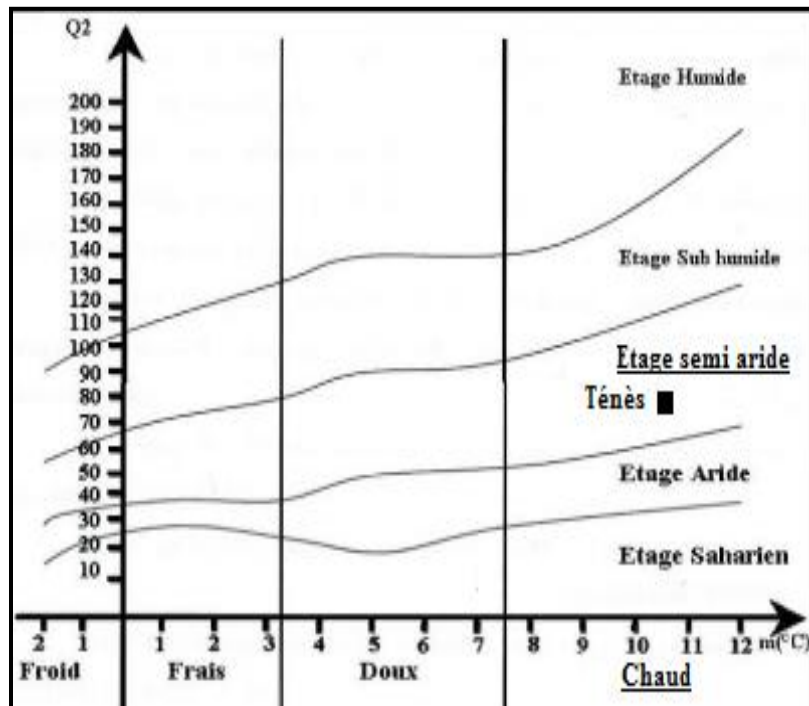


Figure 26 : Climagramme d'Emberger de la station de Ténès « 1999-2019 »

### II.3.10-Cadre socio-démographique :

#### II.3.10.1-Evolution globale de la population :

Aux trois grands recensements généraux de la population et de l'habitat (RGPH 87, 98 et 08), la population des communes côtières a évolué comme suit : (PATWC 1, 2011).

Tableau 12 : Evolution de la répartition de la population par commune côtière

Communes	Population totale			Structure de population		
	1987	1998	2008	1987	1998	2008
Ténès	26941	34330	35459	3.9	4	3.5
Béni Haoua	12724	17611	20853	1.9	2	2.1
Oued Goussine	4339	5440	6453	0.6	0.6	0.6
Dahra	17711	21277	23802	2.6	2.5	2.4
El Marsa	7748	9726	10807	1.1	1.1	1.1
Sidi Abderrahmane	2918	3630	4349	0.4	0.4	0.4
<b>Total</b>	<b>71931</b>	<b>92014</b>	<b>101723</b>	<b>10.5</b>	<b>10.6</b>	<b>10.1</b>

Source : (RGPH 1998 et 2008)

La commune la plus peuplée des communes côtières est Ténès, suivie par la commune de Dahra puis Béni Haoua et El Marsa. Les communes d'Oued Goussine et de Sidi Abderrahmane sont les moins peuplées de la zone.

### II.3.10.2-Evolution globale de la densité de la population :

La densité des communes côtières est mentionnée dans le tableau suivant :

**Tableau 13 :** Evolution de la densité de population des communes côtières

Communes	1987	1998	2008
Ténès	240.8	312.1	322.4
Béni Haoua	104.3	144.3	170.9
Oued Goussine	62	77.7	92.2
Dahra	73.8	88.7	99.2
El Marsa	82.4	103.5	115
Sidi Abderrahmane	38.9	48.4	58
<b>Total</b>	<b>602.2</b>	<b>774.7</b>	<b>857.7</b>

Source : (RGPH 1987,1998 et 2008)

En termes de densité, Ténès est la commune la plus dense. Elle est suivie par les communes de Béni Haoua et El Marsa. La commune de Sidi Abderrahmane est la moins dense.

### II.3.10.3-Evolution globale du taux d'accroissement de la population :

**Tableau 14 :** Evolution du taux d'accroissement annuel moyen par commune

Communes	1987-1998	1998-2008
Ténès	2.33	1.73
Béni Haoua	2.93	1.75
Oued Goussine	2.03	0.33
Dahra	1.65	1.14
El Marsa	2.04	1.07
Sidi Abderrahmane	1.96	1.85
<b>Total</b>	<b>12.94</b>	<b>7.87</b>

Source : (RGPH 1987,1998 et 2008)

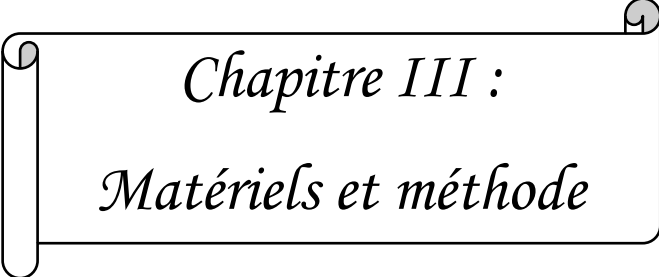
Le taux d'accroissement de 1987 jusqu'à 1998 est important par rapport à la décennie de 1998-2008, ce changement est observé surtout pour la commune d'Oued Goussine.

Selon les projections de l'ONS, la population supplémentaire au niveau du littoral est mentionnée dans le tableau ci-après :

**Tableau 15** : La population supplémentaire des communes littorales

<b>Communes</b>	<b>2012</b>	<b>2015</b>	<b>2020</b>
<b>Dahra</b>	24916	26087	28123
<b>El Marsa</b>	11281	11812	12734
<b>Sidi Abderrahmane</b>	4682	4902	5284
<b>Béni Haoua</b>	22343	23393	25219
<b>Oued Goussine</b>	6919	7245	7810
<b>Ténès</b>	35929	37618	40555
<b>Total</b>	106070	111057	119725

Source : (PATWC 2, 2011)

A decorative scroll graphic with a rolled-up left edge and a small circular detail at the top right corner. The text is centered within the scroll.

*Chapitre III :*  
*Matériels et méthode*

### III.1-Objectif de l'étude :

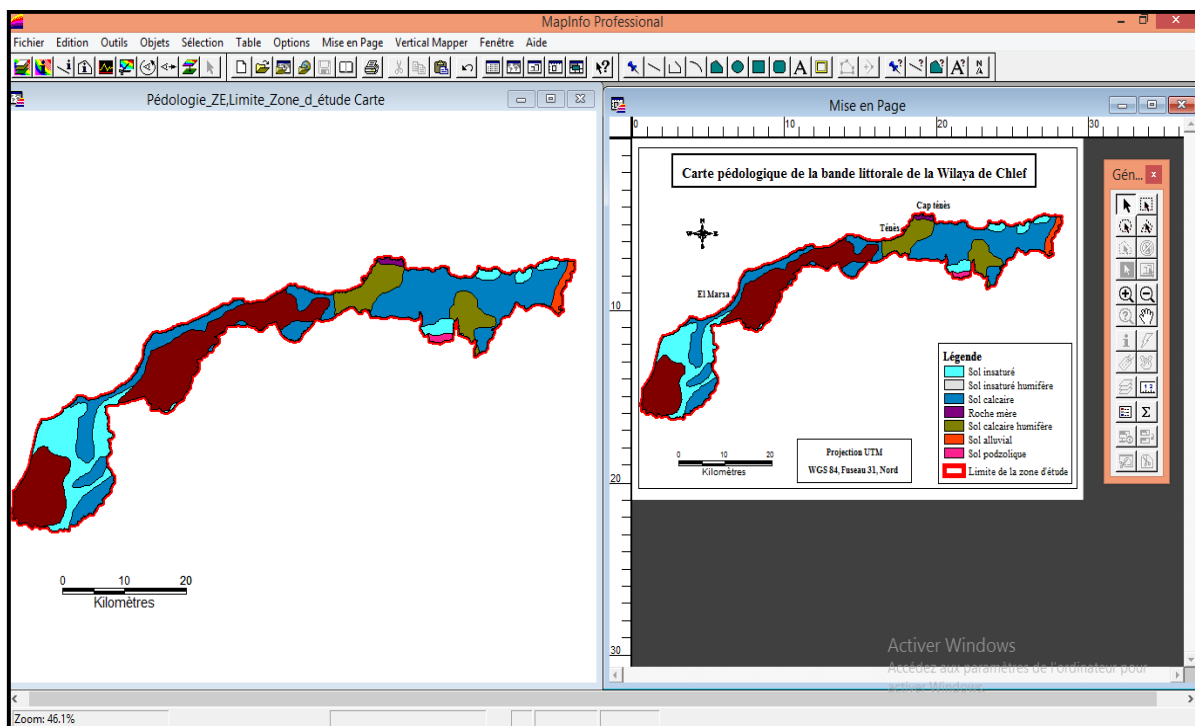
L'objectif du présent travail est de déterminer l'indice spectral le plus approprié à la reconnaissance des surfaces brûlées dans la bande côtière de la Wilaya de Chlef en se basant sur le calcul des trois indices spectraux pris en considération en téléchargeant les images satellitaires qui utilisent les signaux produits par les feux.

### III.2-Matériels et supports utilisés :

Concernant la reconnaissance des surfaces brûlées dans la zone d'étude, nous avons utilisé les matériaux et les données suivants :

#### III.2.1-Logiciels informatiques :

**III.2.1.1-Map info 8.0 :** C'est un logiciel qui nous a permis la digitalisation pour effectuer les différentes cartes qui servent à caractériser le milieu physique de notre zone d'étude (carte pédologique, carte géologique, carte hydrologique...) (**Fig 27**).



**Figure 27 :** Le logiciel Map-info 8.0 utilisé dans l'étude cartographique

**III.2.1.2-ENVI 4.5 :** A propos **Midekor et Wellens (2013)**, c'est un logiciel complet de traitement d'images de télédétection, optiques et radar. Il est facile d'utilisation. Toutes les méthodes de traitement d'images de corrections géométriques et radiométriques, de classification sont présentes. Il offre des fonctionnalités des systèmes de traitements interactifs de données numériques géocodées (données satellitaires) (**Fig 28**).

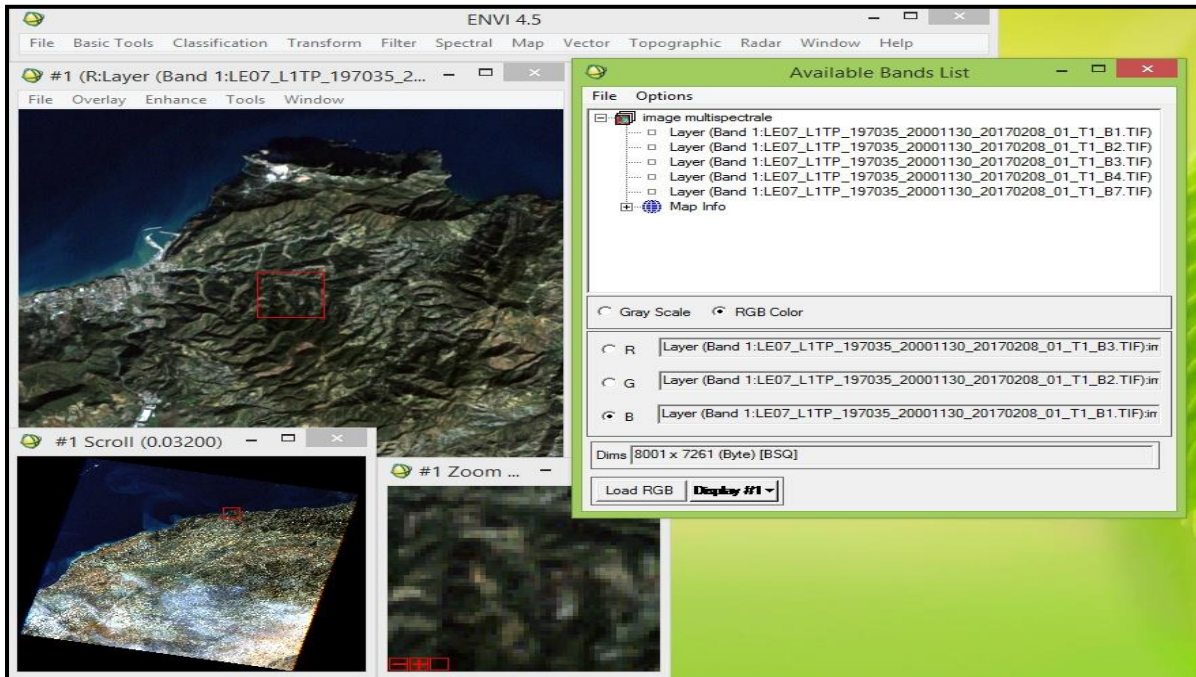


Figure 28 : Le logiciel ENVI utilisé dans l'étude diachronique des images satellitaires

III. 2.1.3-Excel 2007 : L'utilisation de ce logiciel sert à réaliser des bases de données et leurs traitements pour faire les calculs indispensables pour notre travail et la création des histogrammes, courbes...etc (Fig 29).

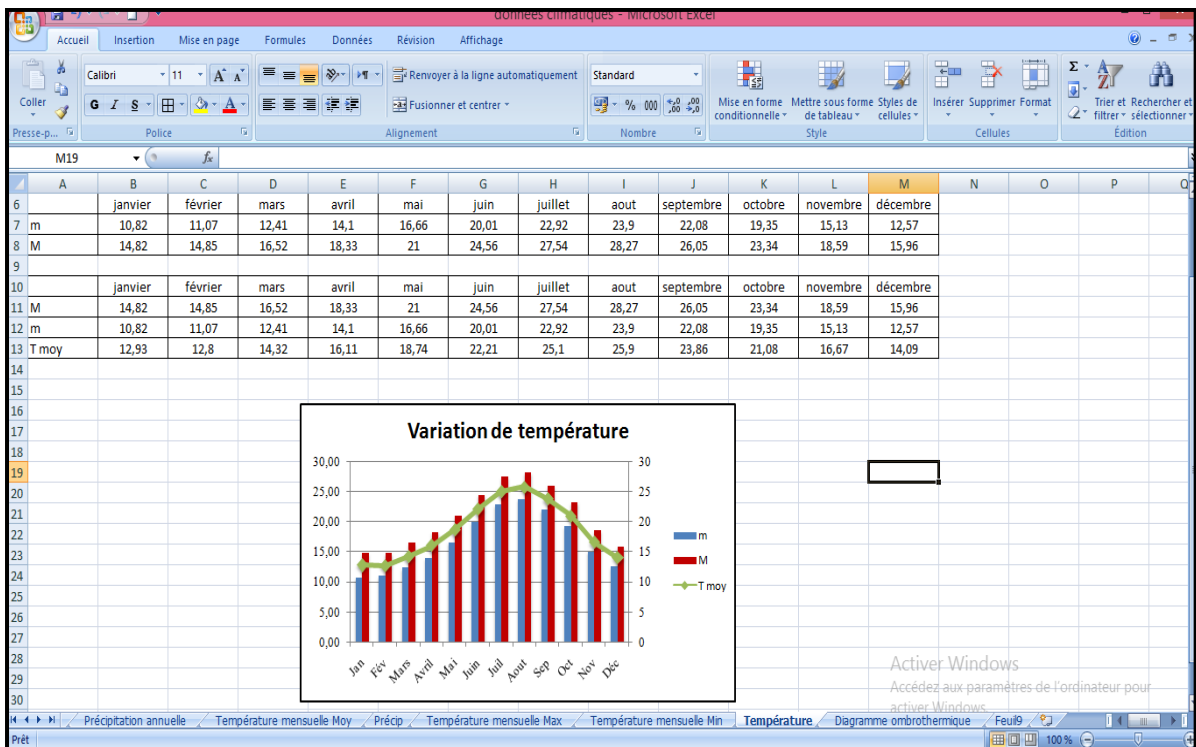
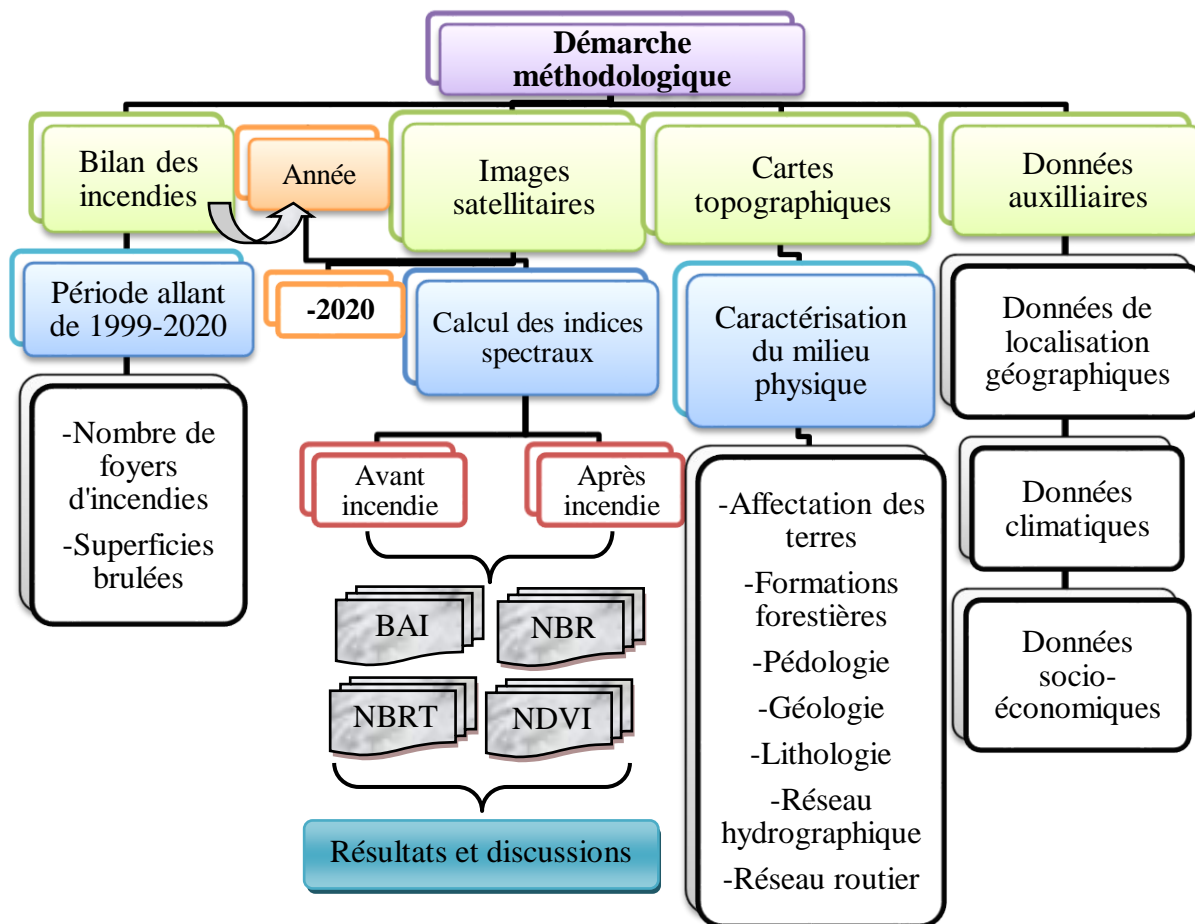


Figure 29 : Le logiciel Excel utilisé pour la réalisation des graphes

**III.4-Méthodologie du travail**

L’approche utilisée pour distinguer les stations incendiées au niveau de la bande littorale de la wilaya de Chlef, consiste de traiter les images satellitaires Landsat Oli 8 datée de 2020 avant et après campagne d’incendies, dans le but de calculer des indices choisis sur la base des bandes spectrales rouges, proche infra-rouge et infra-rouge thermique. Nous avons choisi cette date comme un échantillon qui enregistre des superficies brûlées >100 ha présentant les grands incendies en se basant sur l’analyse des bilans des incendies des communes côtières de la Wilaya de Chlef pour la période allant de 1999 jusqu’à 2020 (Fig 30).



**Figure 30 :** Organigramme récapitulatif de la méthodologie adoptée

**III.5-Collecte et acquisition des données**

**III.5.1-Choix des images satellitaires**

Afin d’atteindre l’objectif de la détection des surfaces brûlées, l’utilisation des données fournis par les satellites LANDSAT téléchargées gratuitement via le site : Earth Explorer de l’USGS (United States Geological Survey) est indispensable.

**Tableau 16 :** Caractéristiques de l’image satellitaire 2020

Etat	Satellite	Date	Nombre de bandes
Avant incendie	Landsat OLi 8	21-05-2020	11 bandes spectrales
Après incendie		28-10-2020	11 bandes spectrales + une bande supplémentaire

**III.5.1-Choix des indices**

Le tableau suivant représente les formules et la signification des bandes correspondantes aux indices choisis pour discriminer les zones brûlées.

**Tableau 17 :** Caractéristiques des indices spectraux de brûlure

Catégorie	Nom	Formule	Source	Signification des bandes
				Landsat Oli 8
Indices spectraux de brûlure	Indice de zone de brûlure « <b>BAI</b> »	$BAI = \frac{1}{(0.1-Red)^2 + (0.06-NIR)^2}$	Martin and Chuvieco, 1998	Red : B4 NIR : B5
	Taux de combustion normalisé « <b>NBR</b> »	$NBR = \frac{NIR - SWIR2}{NIR + SWIR2}$	Keeley, 2009	NIR : B5 SWIR 2 : B7
	Taux de combustion normalisé thermal « <b>NBRT</b> »	$NBRT = \frac{(NIR - SWIR(\frac{Thermal}{1000}))}{(NIR + SWIR(\frac{Thermal}{1000}))}$	Holden et al, 2005	NIR : B5 SWIR 2 : B7
	The Normalised Difference Vegetation Index « <b>NDVI</b> »	$NDVI = \frac{(NIR - R)}{(NIR + R)}$	Robin, 2002	NIR : B5 R : B4

Le potentiel des indices spectraux de différence normalisée pour évaluer la gravité de la brûlure est évalué en utilisant les bandes TM qui sont les plus sensibles aux changements de réflectance après incendie: TM3 (630-690 nm), TM4 (760-900 nm), TM5 (1550-1750 nm) et TM7 (2080-2350 nm). La réflectance dans les régions visuelles (TM3) et infrarouge moyen (TM5 et TM7) augmente après un incendie, tandis que la région NIR (TM4) est caractérisée par une baisse de réflectance (**Pereira et al, 1999**).

Pour capturer ces informations :

Le rapport de combustion normalisé (NBR) combine la bande NIR (TM4) avec une bande MIR (TM5 et TM7, respectivement). Le NBR est devenu l'indice spectral standard pour évaluer la gravité des brûlures, en particulier dans les régions d'Amérique du Nord, alors que le NDMI n'a pas été évalué auparavant pour les applications de gravité des brûlures.



Néanmoins, **Tucker (1980)** a suggéré que TM5 est bien adapté à la télédétection de la teneur en eau de la canopée. Par conséquent, il pourrait également refléter les changements de réflectance après incendie et a été inclus dans cette étude.

Nous avons réalisé pour l'année 2020 :

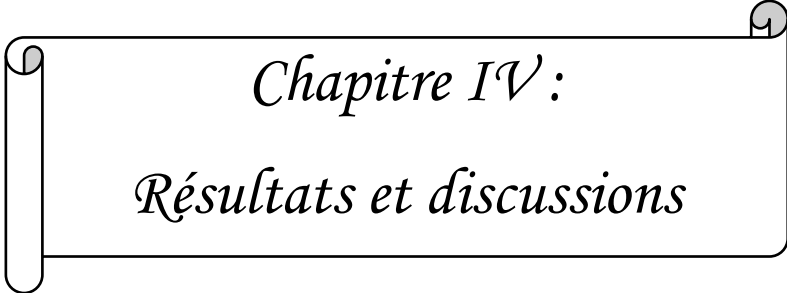
- Une carte de l'indice BAI
- Une carte de l'indice NBR
- Une carte de l'indice de NBRT
- Une carte de l'indice de NDVI

Le potentiel de trois indices spectraux afin d'évaluer la gravité de brûlure est évalué en utilisant les bandes suivantes qui sont les plus sensibles aux changements de réflectance avant et après incendie selon leurs formules :

**Tableau 18** : Les bandes sensibles aux changements de réflectance de chaque indice avant et après incendie

<b>Indices spectraux de détection de brûlure</b>			
<b>Landsat OLi 8</b>			
<b>BAI</b>	<b>NBR</b>	<b>NBRT</b>	<b>NDVI</b>
Bande 4 : Red (0.64-0.67)	Bande 5 : NIR (1.55 à 1.75)	Bande 5 : NIR (0.85- 0.88)	Bande 4 : Red (0.64-0.67)
Bande 5 : NIR (0.85-0.88)	Bande 6 : SWIR 1 (1.57-1.65) ou Bande 7 : SWIR 2 (2.11-2.29)	Bande 6 : SWIR 1 (1.57-1.65) ou Bande 7 : SWIR 2 (2.11- 2.29)	Bande 5 : NIR (0.85-0.88)
		Bande 10 : TIRS 1 ou Bande 11 : TIRS 2	

La différenciation d'image bi-temporelle est fréquemment appliquée sur les images NBR avant et après incendie. Il en résulte que respectivement le rapport de combustion normalisé diffère (dNBR) (**Key et Benson, 2005**). L'avantage de ces indices différenciés avant et après incendie est qu'ils permettent une distinction claire entre les zones brûlées à végétation clairsemée et les zones brûlées, ce qui est difficile en imagerie mono temporelle (**Key et al, 2005**).

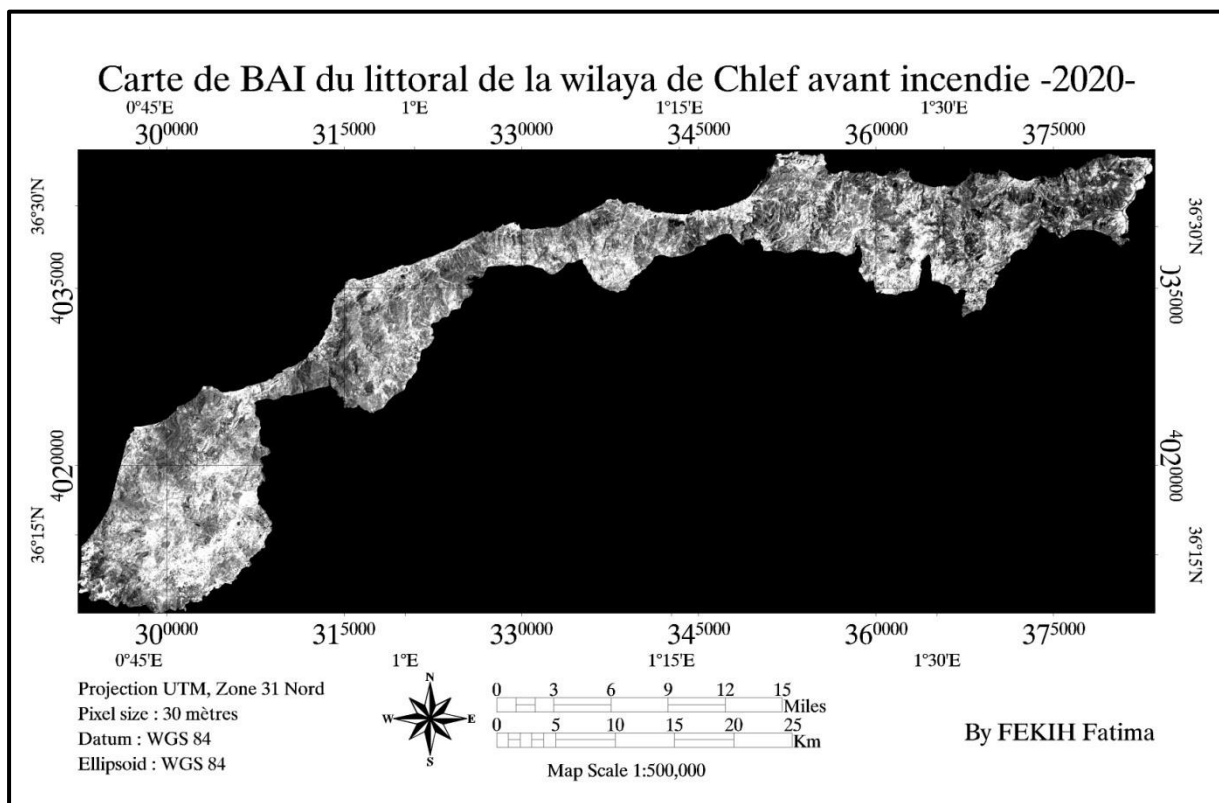
A decorative scroll graphic with a white background and a black border, featuring a small circular detail at the top right corner. The text is centered within the scroll.

*Chapitre IV :*  
*Résultats et discussions*

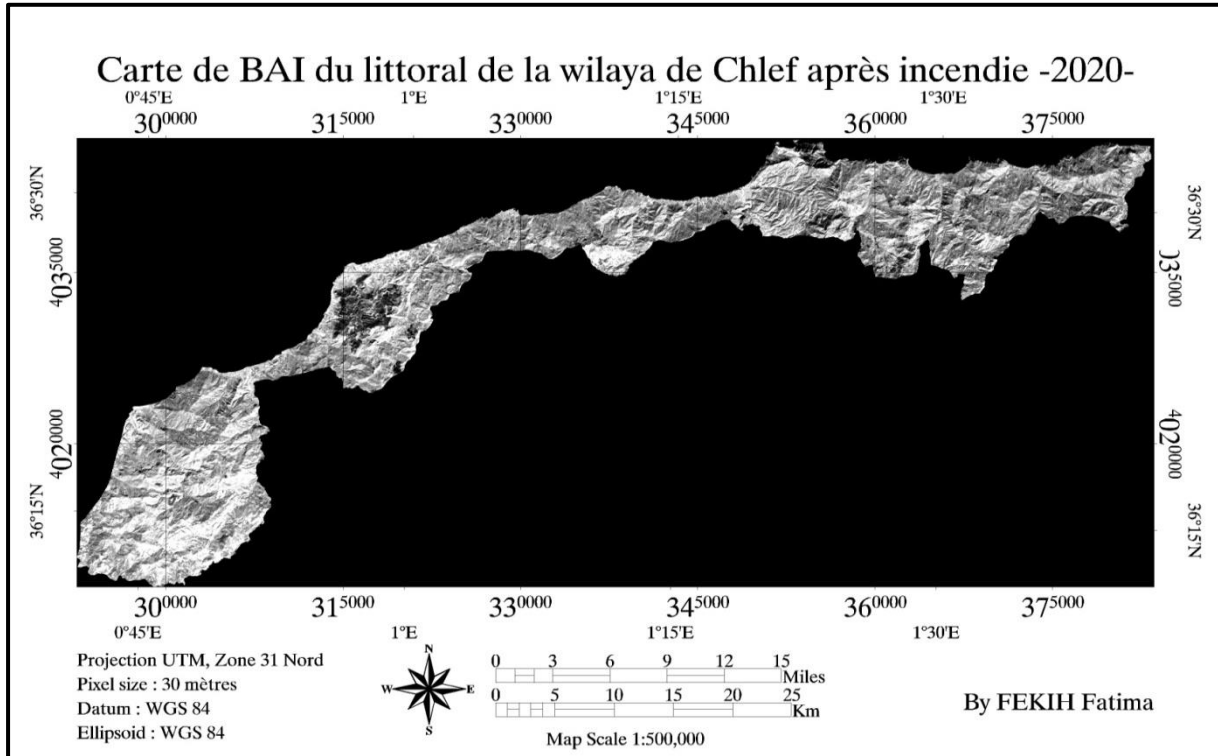
Dans cette étude, des indices de brûlure spectrale (BAI, NBR, NBRT, NDVI) ont été appliqués à deux images satellites Landsat OLi 8 avant incendie datée de 21-05-2020 et après incendie 28-10-2020 pour faire une évaluation diachronique entre l'image avant et après incendie dans le but d'extraire les superficies brûlées et les comparer avec les bilans d'incendies issus de la conservation des forêts de la wilaya de Chlef.

**IV. 1-Résultats des indices avant et après incendie :**

➤ **The Burn Area Index « BAI » :**

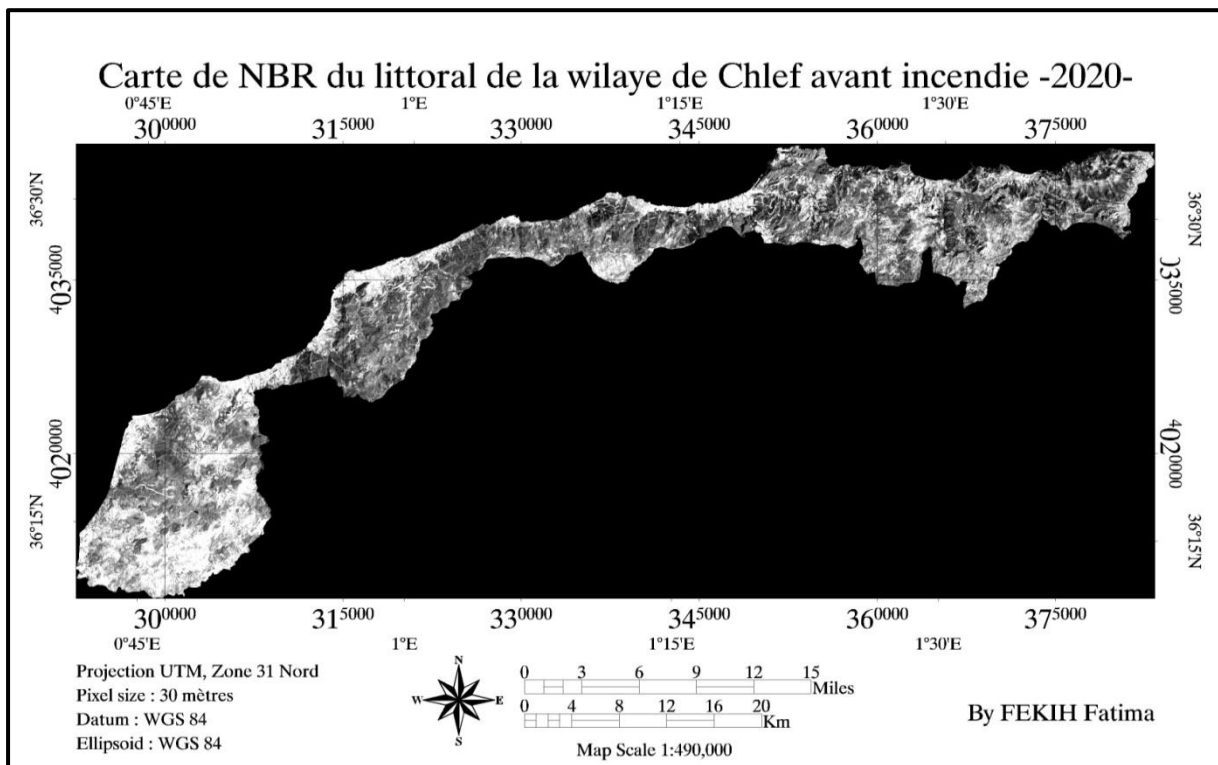


**Figure 31 :** Carte de l'indice « BAI » de la BLWC avant incendie (année 2020)

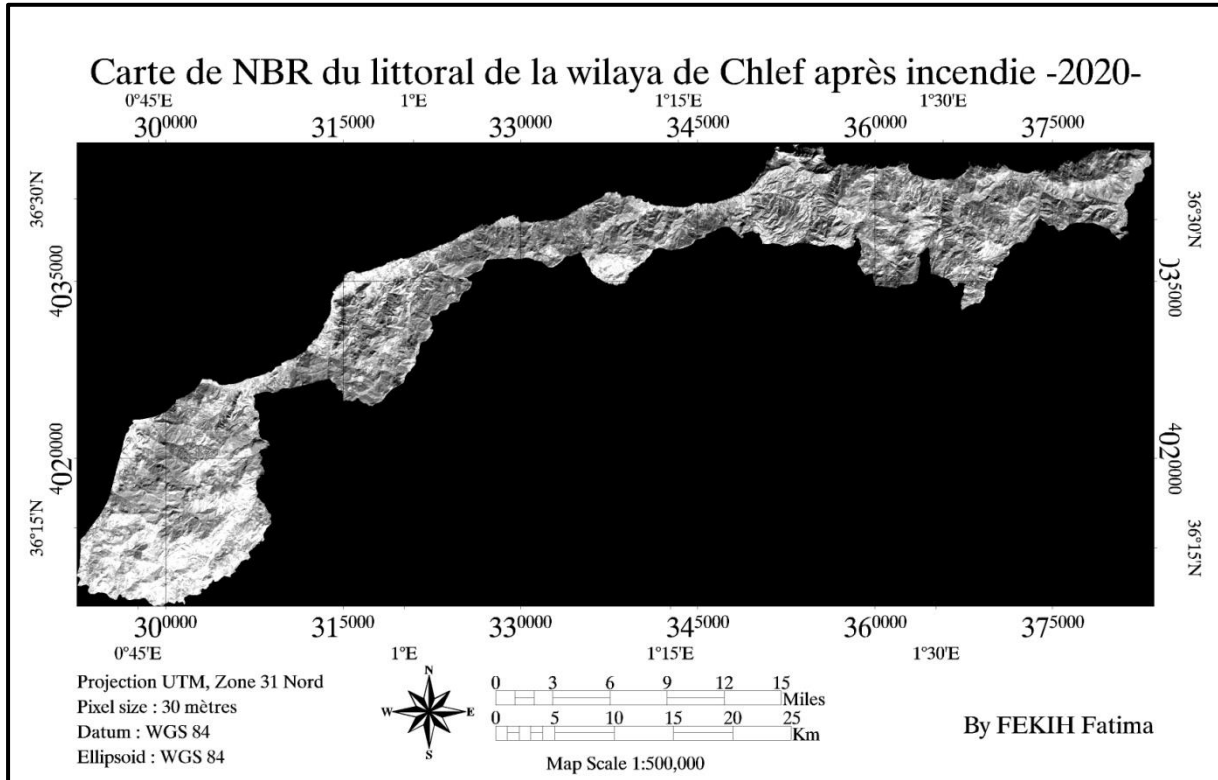


**Figure 32 :** Carte de l'indice « BAI » de la BLWC après incendie (année 2020)

➤ **The Normalised Burn Ration « NBR » :**

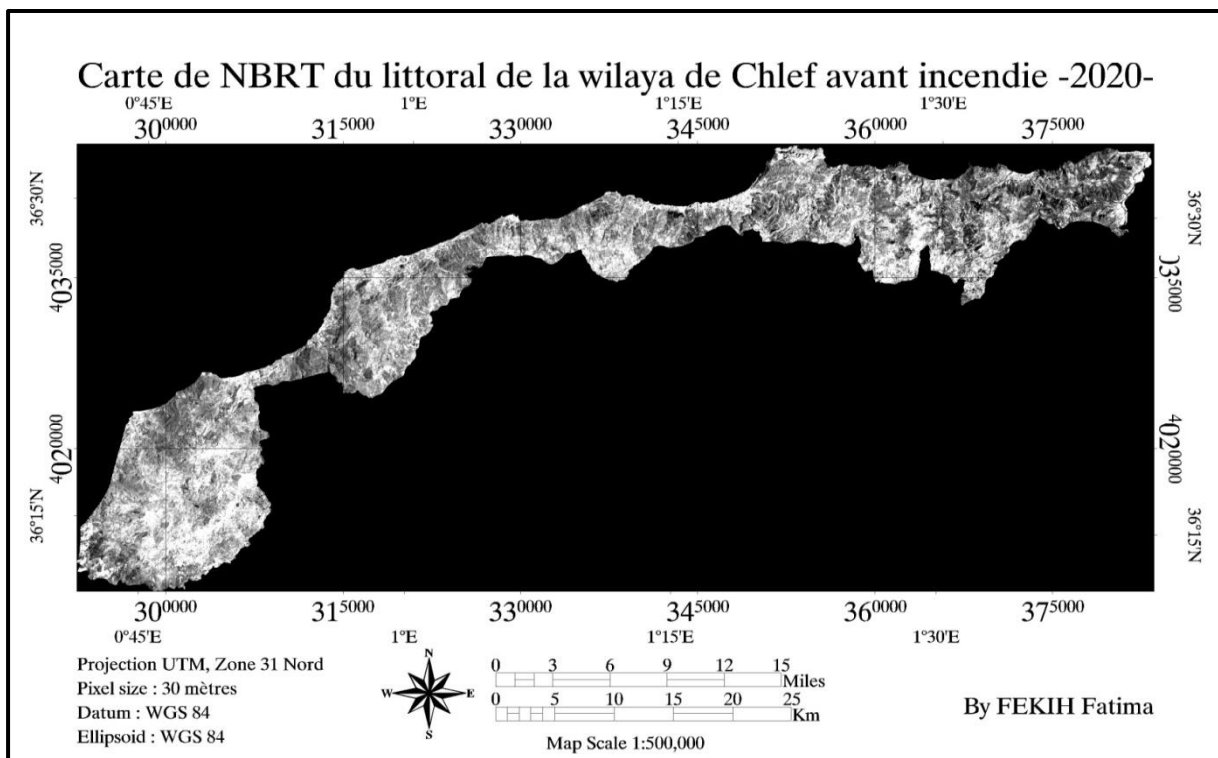


**Figure 33 :** Carte de l'indice « NBR » de la BLWC avant incendie (année 2020)

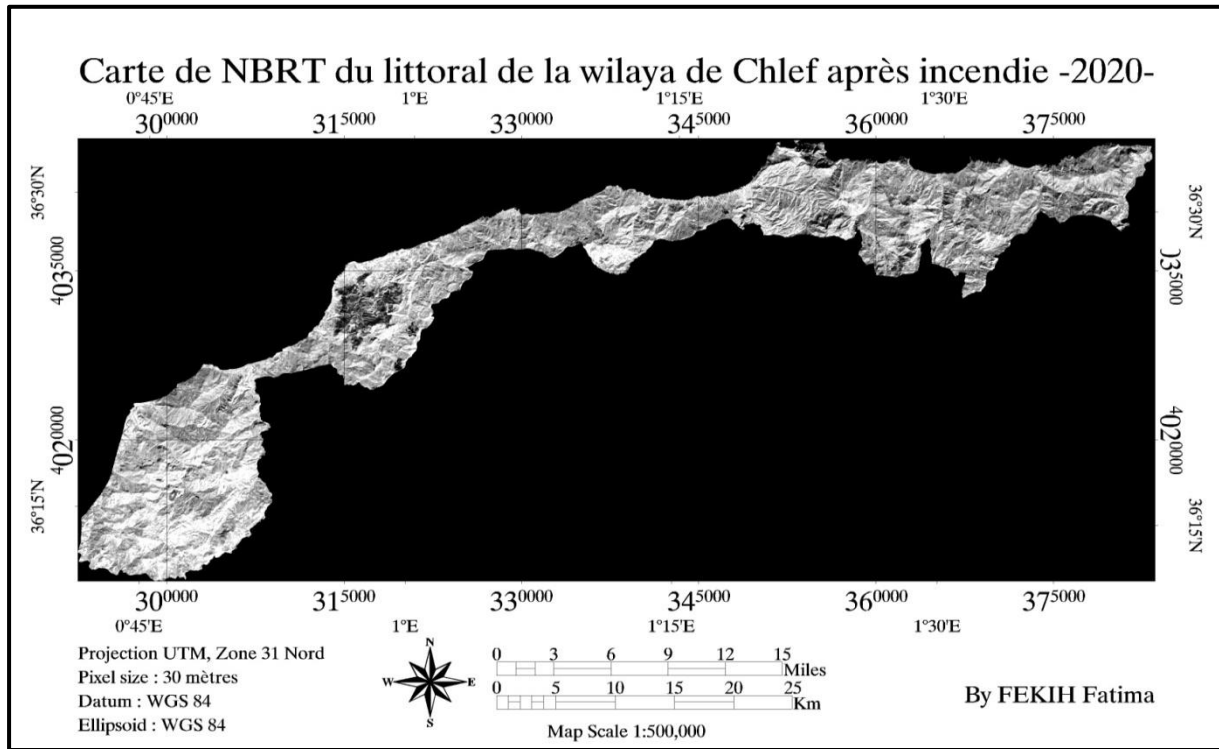


**Figure 34 :** Carte de l'indice « NBR » de la BLWC après incendie (année 2020)

➤ **The Normalised Burn Ratio Thermal « NBRT » :**

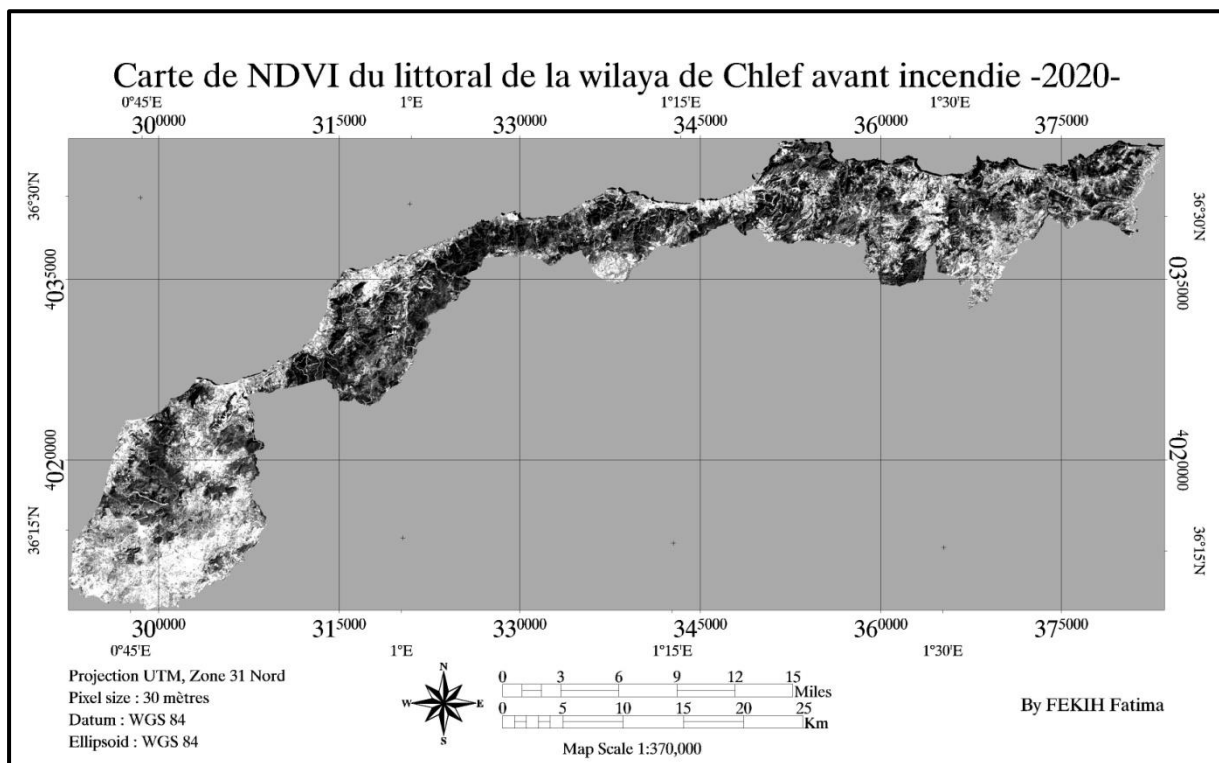


**Figure 35 :** Carte de l'indice « NBRT » de la BLWC avant incendie (année 2020)



**Figure 36 :** Carte de l'indice « NBRT » de la BLWC après incendie (année 2020)

➤ **The Normalised Burn Ratio Thermal « NBRT » :**



**Figure 37 :** Carte de l'indice « NDVI » de la BLWC avant incendie (année 2020)



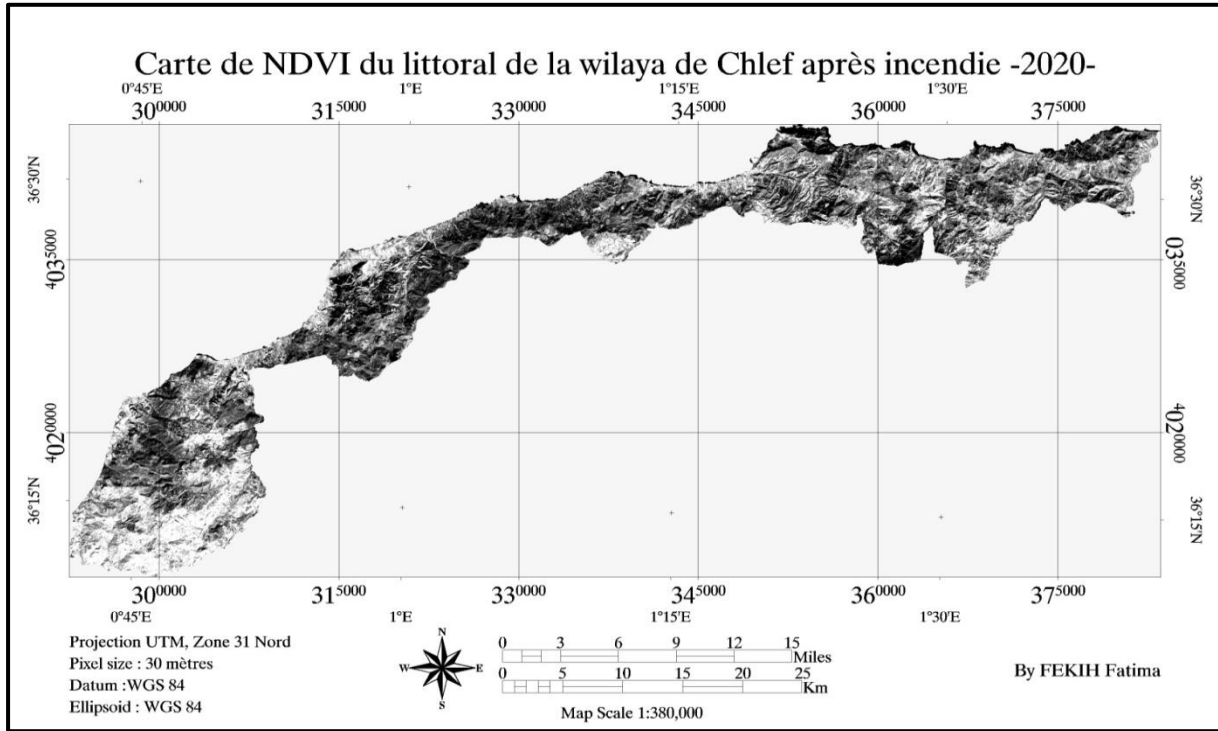


Figure 38 : Carte de l'indice « NDVI » de la BLWC après l'incendie (année 2020)

IV. 2-Résultats de l'évaluation diachronique des zones brûlées :

➤ The Burn Area Index « BAI » :

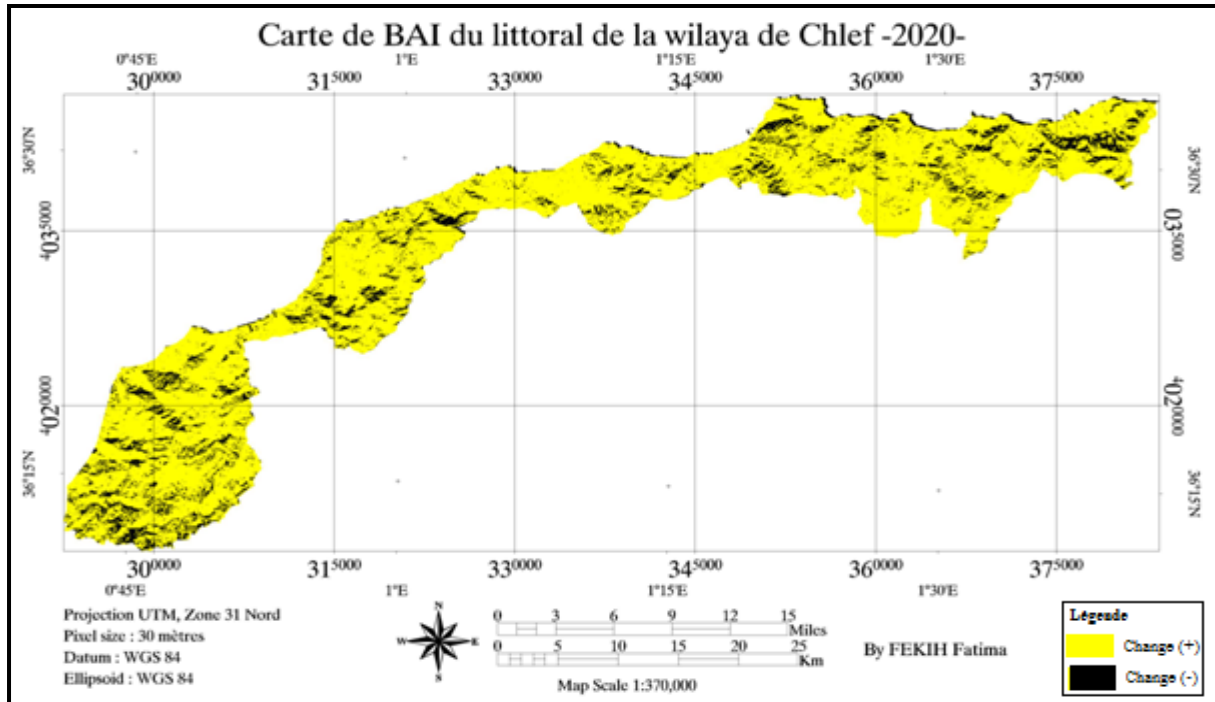


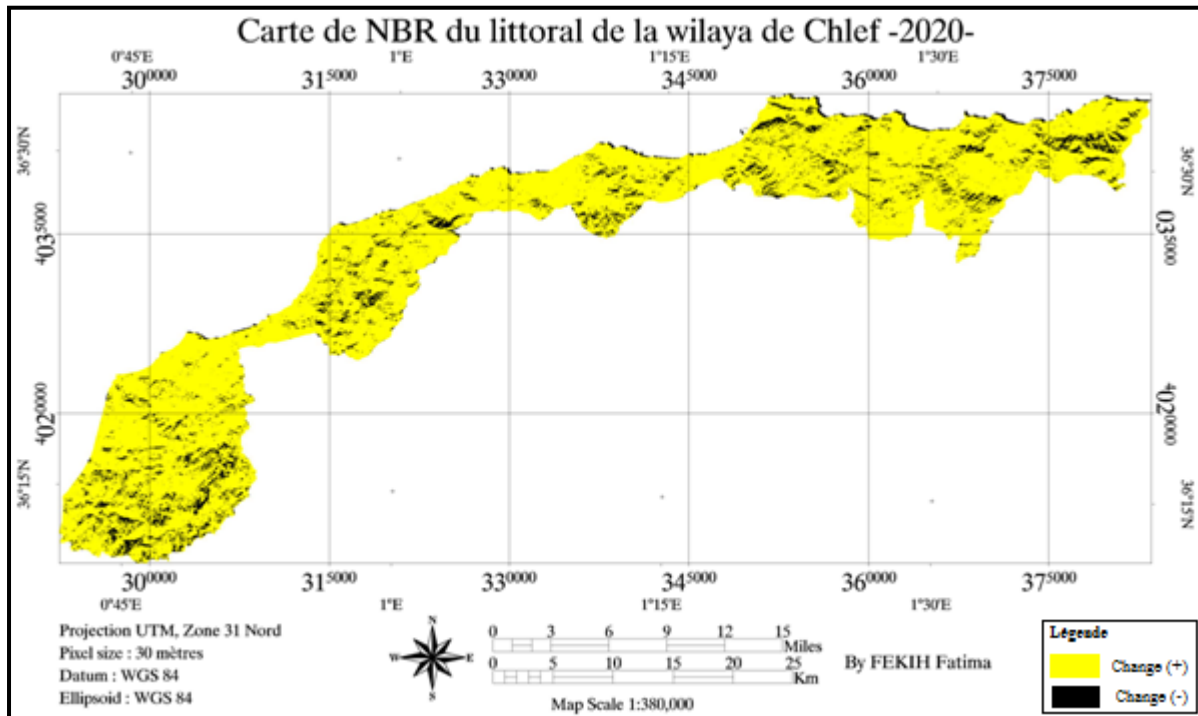
Figure 39 : Carte de l'indice « BAI » de la BLWC (année 2020)

**Tableau 19** : Statistique de détection de changement entre l'avant et l'après incendie pour le « BAI »

		Initial State			
		Change (+)	Change (-)	Row Total	Class Total
Final State	Unclassified	0.00	0.00	0.00	2879.68
	Change (+)	581.64	0.00	581.64	581.64
	Change (-)	0.00	103.29	103.29	103.29
	Class Total	581.64	103.29		
	Class Changes	0.00	0.00		
	Image Difference	0.00	0.00		

Les zones brûlées cartographiées par la différence entre les images avant et après incendies estimées par l'indice « BAI » sont 10329 ha >>>1921.67 ha.

➤ **The Normalised Burn Ration « NBR » :**



**Figure 40** : Carte de l'indice « NBR » de la BLWC (année 2020)

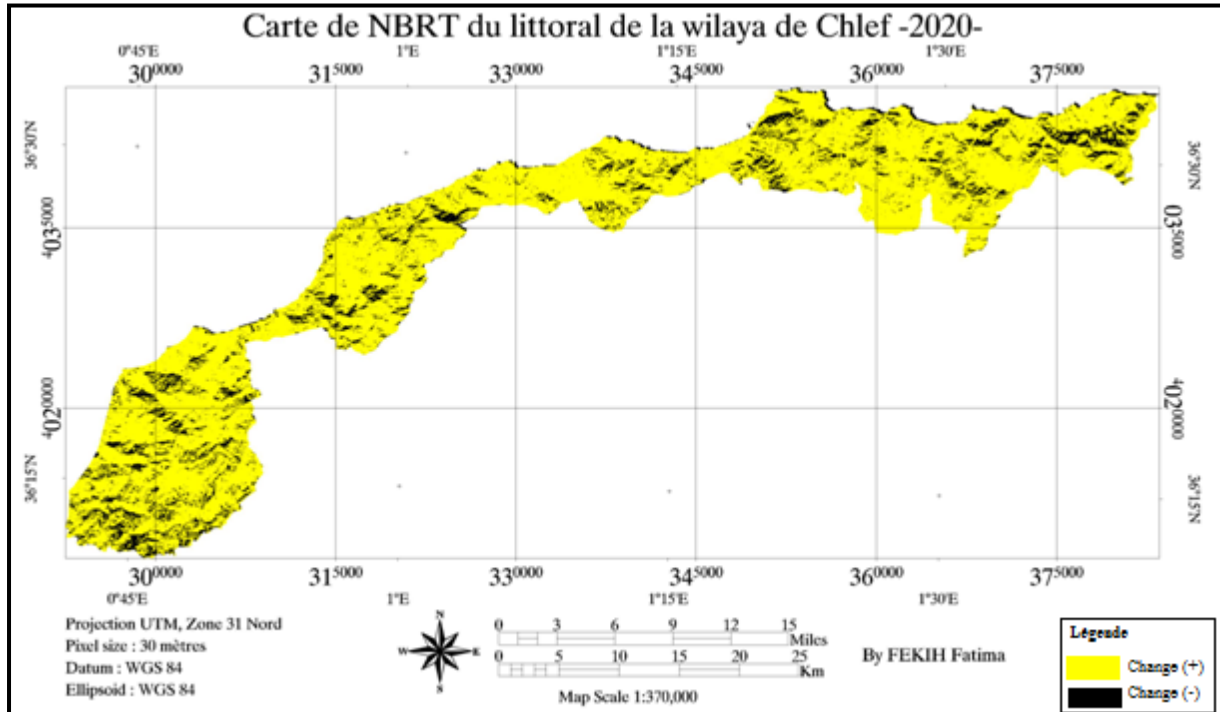


**Tableau 20 :** Statistique de détection de changement entre l'avant et l'après incendie pour le « NBR »

		Initial State			
		Change (+)	Change (-)	Row Total	Class Total
Final State	Unclassified	0.00	0.00	0.00	2879.68
	Change (+)	611.41	0.00	611.41	611.41
	Change (-)	0.00	73.52	73.52	73.52
	Class Total	611.41	73.52		
	Class Changes	0.00	0.00		
	Image Difference	0.00	0.00		

Les zones brûlées cartographiées par la différence entre les images avant et après incendies estimés par l'indice « NBR » sont 7352 ha >>>1921.67 ha.

➤ **The Normalised Burn Ratio Thermal « NBRT » :**



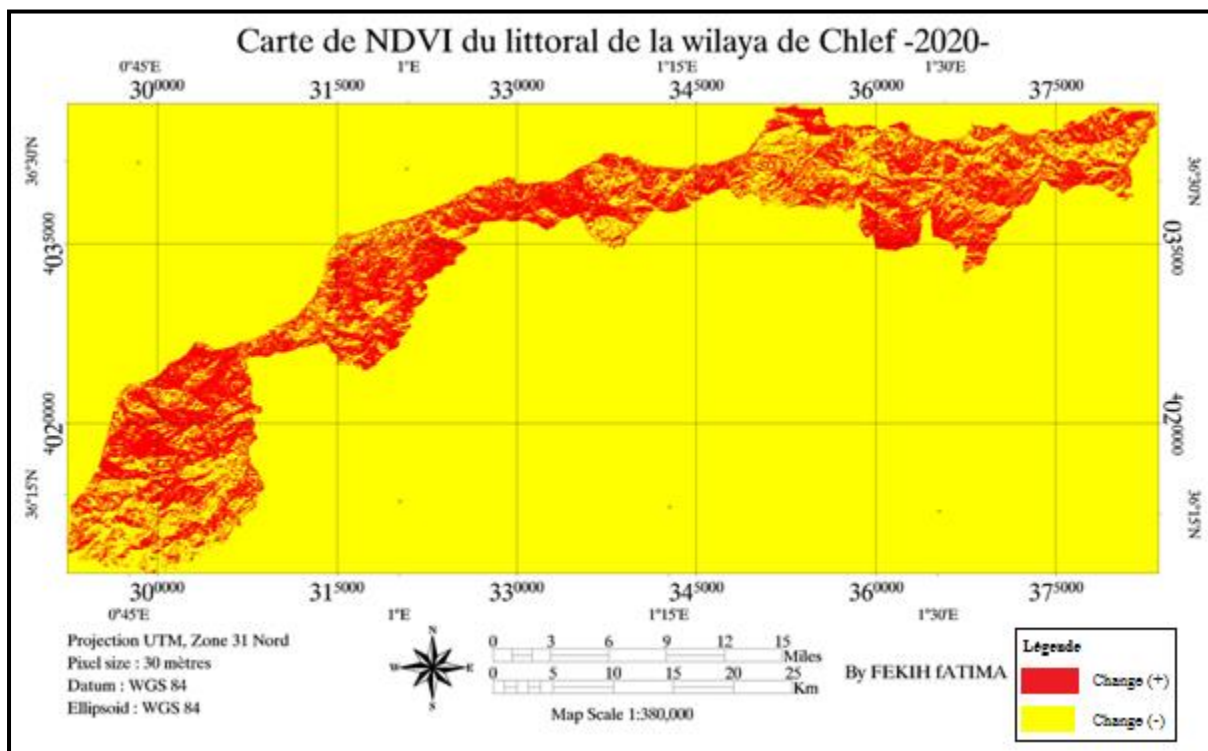
**Figure 41 :** Carte de l'indice « NBRT » de la BLWC (année 2020)

**Tableau 21** : Statistique de détection de changement entre l'avant et l'après incendie pour le « NBR »

		Initial State			
		Change (+)	Change (-)	Row Total	Class Total
Final State	Unclassified	0.00	0.00	0.00	2879.68
	Change (+)	582.77	0.00	582.77	582.77
	Change (-)	0.00	102.16	102.16	102.16
	Class Total	582.77	102.16		
	Class Changes	0.00	0.00		
	Image Difference	0.00	0.00		

Les zones brûlées cartographiées par la différence entre les images avant et après incendies estimés par l'indice « NBR » sont 10216 ha >>>1921.67 ha.

➤ **The Normalised Difference Vegetation Index « NDVI » :**



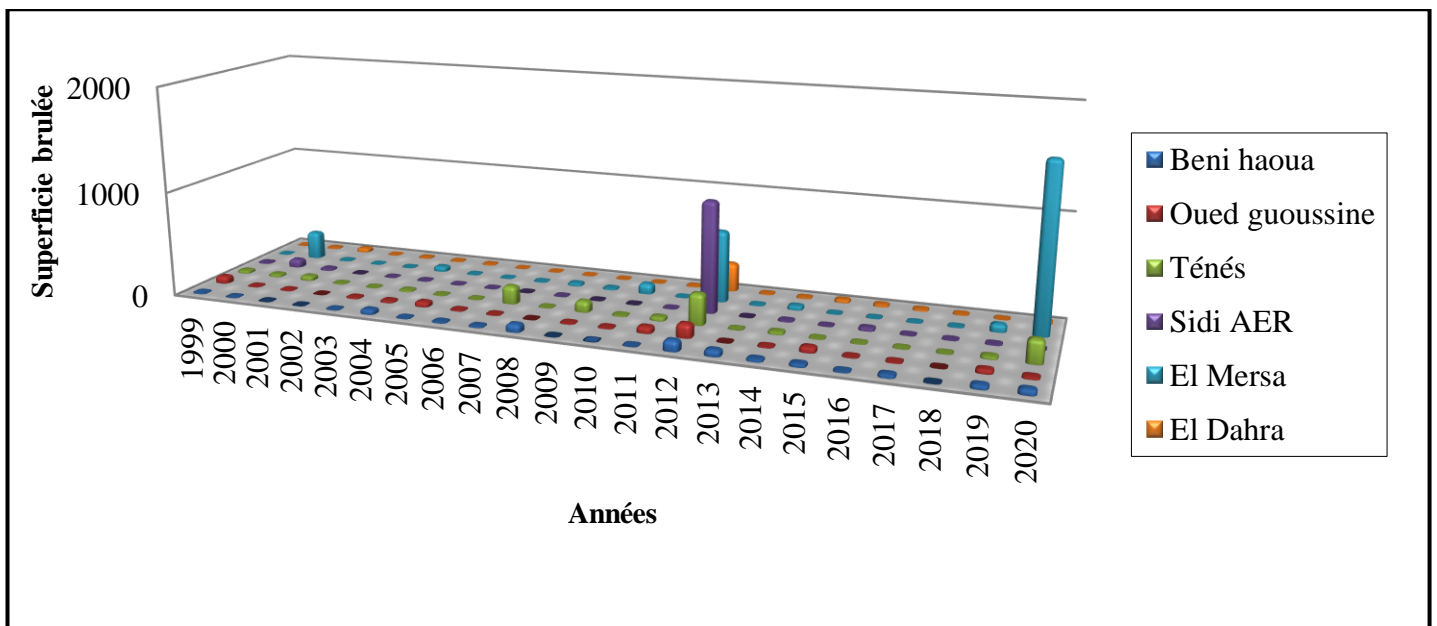
**Figure 42** : Carte de l'indice « NDVI » de la BLWC (année 2020)

**Tableau 22** : Statistique de détection de changement entre l’avant et l’après incendie pour le « NDVI »

		Initial State				
		Change (+)	No Change	Change (-)	Row Total	Class Total
Final State	Unclassified	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Change (+)	417.08	0.00	0.00	417.08	417.08
	No Change	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Change (-)	0.00	0.00	3147.52	3147.52	3147.52
	Class Total	417.08	0.00	3147.52		
	Class Changes	0.00	0.00	0.00		
	Image Difference	0.00	0.00	0.00		

Les zones où le changement est positive sont présentés par : 41708 ha >>>1921.67 ha.

Les zones où le changement est négative sont présentés par : 314752 ha >>>1921.67 ha.



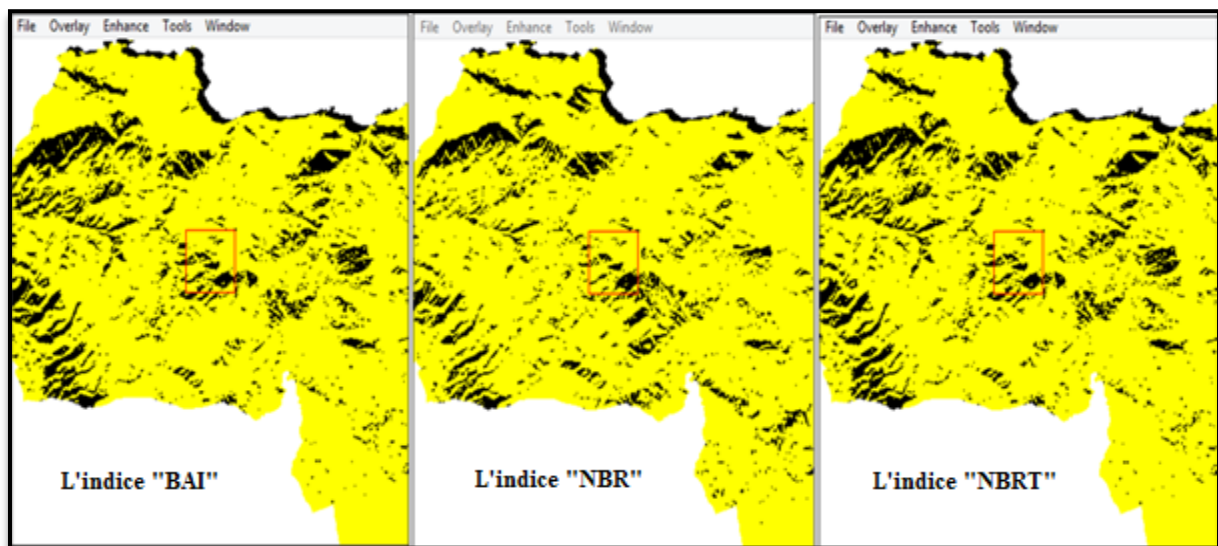
**Figure 43** : Evolution annuelle des superficies brûlées par commune du littoral

A partir des figures, nous avons extrait les superficies brûlées qui doivent être comparé avec les bilans d’incendies, mais nous avons remarqué que ces surfaces sont très grandes par rapport à la superficie issue de la conservation des forêts de la wilaya de Chlef qui est représenté par 1921.67 ha.

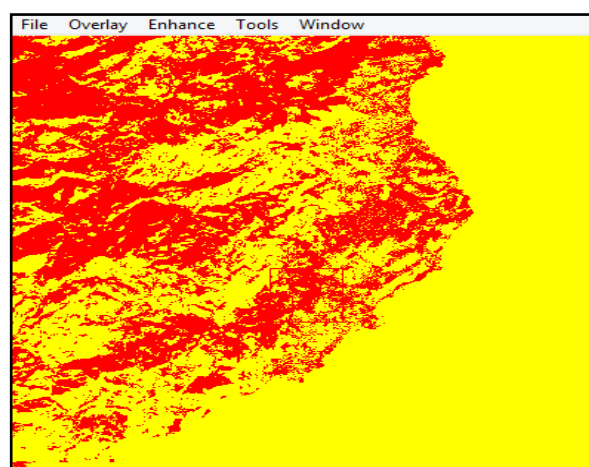
**Tableau 23** : Superficies brûlées en (ha) par commune du littoral (année 2020)

Année	Superficies parcourus par les incendies en (ha)						Total
	Béni Haoua	Oued Goussine	Ténès	Sidi AER	El Mersa	El Dahra	
2020	50,07	19,9	220	11	1588,45	32,25	1921,67

Cette surestimation des résultats est causée aux problèmes des corrections radiométriques ou géométriques, ainsi un problème de réflectance au niveau de la zone de contact mer-sol responsable de l'apparition d'une bande épaisse noirâtre sur le littoral de la wilaya de Chlef (**Fig 44**).

**Figure 44** : Section du Cap Ténès présentant la bande épaisse noirâtre

A partir la figure 45, nous remarquons qu'il y a un chevauchement entre les pixels de la classe « Unclassified » et « Change (+) ».

**Figure 45** : Section de la partie Sud de la commune d'El Dahra



*Conclusion*

## CONCLUSION

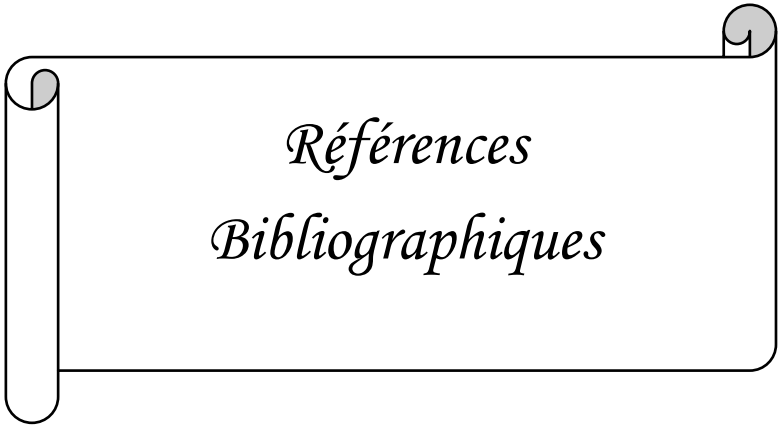
---

Les écosystèmes forestiers du littoral de la wilaya de Chlef constituent un espace d'un grand intérêt écologique et socioéconomique pour l'Algérie. Malheureusement, ils sont souvent victimes d'incendies répétitifs qui provoquent leur dégradation. De ce fait, ces écosystèmes nécessitent une attention particulière pour réduire les dégâts occasionnés par les feux et les préserver pour les générations futures.

Cette présente étude a porté sur l'utilisation de la Géomatique comme technique moderne d'observation et d'analyse de l'espace, afin de gérer les écosystèmes forestiers après incendie en passant par la cartographie de l'empreinte du feu et l'évaluation des zones brûlées, en se basant sur la création des indices spectraux de brûlure : The Burn Area Index « BAI », The Normalised Burn Ratio « NBR », The Normalised Burn Ratio Thermal « NBRT » et The Normalised Difference Vegetation Index « NDVI ». La Géomatique actuellement constitue un véritable outil d'aide permettant de fournir dans un premier temps des renseignements précieux pour les gestionnaires forestiers dans le but de gérer les futurs incendies dans le littoral de la wilaya de Chlef. Ce qui servira à d'autres études (lutte contre l'érosion, reboisement,...etc.).

L'approche cartographique informatisée que nous avons adoptée dans ce travail, nous a permis d'élaborer d'une manière efficace et rapide, les différentes cartes issues des SIG qui figurent dans ce document représentant une base de données géographique utile pour les forestiers sans l'accès sur terrain.

L'objectif du présent travail était de déterminer l'indice spectral le plus approprié à la reconnaissance des surfaces brûlées dans la bande côtière de la wilaya de Chlef, en se basant sur le calcul des quatre indices spectraux. Aujourd'hui, nous ne pouvons nous prononcer sur l'indice spectral qui sera le plus approprié à la distinction des zones brûlées après la problématique de réflectance au niveau de la zone du contact mer-sol, nécessitant des corrections radiométriques et géométriques qui nous rencontre sur la dernière étape de procédure pour extraire les superficies brûlées qui doivent être comparées avec les bilans d'incendies de l'année 2020.



*Références  
Bibliographiques*

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

---

### Bibliographie

Abdi S. M. 2014. Contribution a l'étude de la gestion des risques d'incendies de forêts dans la wilaya de Tlemcen. Mém, UNIV: ABOUBEKR BELKAÏD -TLEMEN-,69 p.

ABHCZ. 2003. Agence de bassin hydrographique Cheliff Zahrez. Schéma-directeur d'aménagement hydraulique de la wilaya de Chlef. Synthèse mission 1 : Evaluation des ressources en eaux et en sols, 59 p.

Akdim N. 2017. Cours : Introduction à la télédétection spatiale (principes de bases, traitement et applications). Faculté des sciences SEMLALIA. Université CADI IYYAD, 53p.

Alexandrian D et Gouran M. 1990. Les causes d'incendies levons le voile. Revue. For. Fr. Xlii : 33-41.

Alexandrian D, Esnault F et Calabri G. 1998. Feux de forêt dans la région méditerranéenne. Unasyva (50) : 197- la forêt Méditerranéenne.

Ammari M. 2011. Etude de la dimension fractale du front dans un système désordonné binaire. Application aux feux de foret. Thèse Magister. UNIV: ORAN. ALGERIE, 90 p.

Aubert G. 1991. Effets de l'incendie sur les sols forestiers. Symposium « la forêt carbonisée, son présent, son futurs ». Revue « les cahiers du conservatoire du littoral » n°2 «forêt méditerranéenne : vivre avec le feu».

Bagnouls F et Gausson H. 1953. Saison sèche et indice xérothermique. Bull soc, hist, Nat, Toulouse, 88 (3-4) : 193-239.

Benabdeli K. 1996. Aspects physiono-structuraux de la végétation ligneuse forestière face aux pressions anthropozoogène dans les monts de Tlemcen et de Dhaya (Algérie septentrionale). Thèse, Doct. Etat, Mascara UNIV -SIDI BEL ABBES-, 356 p + annexes.

Benchetrit M. 1956. Les sols d'Algérie. In: Revue de géographie alpine, tome 44, n°4 : 749-761.

Berrichi M. 2013. Défense des forêts contre les incendies (facteurs favorisant, conséquences et luttes). Polycopie de cours : UNIV : ABOU BEKR BELKAID –TLEMEN-, 65p.

BNEDER a, 2008. Rapport sur la caractérisation des formations forestières de la Wilaya de Chlef, 27p.

BNEDER b. 2008. Bureau National d'Etudes pour le Développement Rural. Etude d'inventaire forestier national rapport sur le schéma directeur d'aménagement, wilaya de chlef, 32p.



## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

---

Brewer K.C. Winne J.C. Redmond, R.L. Opitz, D.W & Mangrich M.V. 2005. Classifying and mapping wildfire severity: A comparison of methods. *Photogrammetric engineering and remote sensing*, 71: 1311-1320.

C.C.T. 1999. Cours de télédétection du Centre canadien de télédétection (C.C.T.).  
Gouvernement du Canada.

Carbonell G, Dusserre G et Sauvagnargues S. 2004. Embrasement généralisé éclair en feu de forêt. Le sage Lieutenant-colonel J.P. Monet.

Cheret V. 2016. « Télédétection et géomatique pour le suivi des milieux forestiers - contributions à l'évaluation des risques ». Mém. INSTITUT NATIONAL POLYTECHNIQUE DE TOULOUSE. Oatao, 117p.

Cherifi M. M. 2017. Etude de la reprise végétative du chêne liège et mode de gestion après incendies de 2015-2016. Cas de la forêt de Zariéffet (W. Tlemcen). Mém de Master. UNIV : ABOU BAKR BELKAID –TLEMEN-,89p.

Cherki K et Gmira N. 2013. Dynamique de régénération post-incendie et sévérité des incendies dans les forêts méditerranéennes : cas de la forêt de la Maamora, Maroc septentrional. *Rev. Ecol. (Terre vie)*, 68 : 243-266.

Chuvieco E, Martin M.P & Palacios A. 2002. «Assessment of different spectral indices in the red-near-infrared spectral domain for burned land discrimination». *International journal of remotesensing* 23(23): 5103-5110.

CNL. 2020. Ministère de l'environnement et des énergies renouvelables. Adresse : 30.  
Avenue Mohammed Fellah, Kouba-Alger.

Çolak E, et Sunar A F. 2018. Détection à distance et intégration SIG pour la surveillance de zones affectées par les incendies de forêt: une étude de cas à Izmir, Turquie. Volume XLII-3 : 165-170.

Colin P.Y. Jappiot M, Mariel A, Lampin C, et Veillon S. 2001. Protection des forêts contre l'incendie, Edit. FAO/C.E.M.A.G.R.E.F, Cahier FAO conservation n°36, 149p.

Darabid D et Bouchekara M. K. 2013. Extraction des différents indices de végétation à partir des images satellitaires. Mem de Master UNIV : ABOU BAKR BELKAID A - TLEMEN-,45 p.

Dimitri S et Bakary D. 2007. L'utilisation des systèmes d'information géographiques dans les instituts et les bureaux de statistiques africains. *The African statistical journal*. Vol 5 : 161-181.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

---

- Emberger L. 1955. Classification biogéographique de climats. Trav : Lab ; bot ; Géol ; Zool; Fac, Scie. Servi. Bot. Montpellier, 77p.
- Ezzine H, Saidi M, Casanova J. L, Montes A and Ghribe A. 2005. Conception et mise en place d'un système à base de données NOAA-AVHRR, pour la prévention et le suivi des incendies de forêts au Maroc. *Geo observateur*, (14).
- FAO. 2001. Evaluation des ressources forestières mondiales 2000 - rapport principal. Etude FAO, Forêts n° 140. Rome.
- Firemon B. R. 2004. The Normalized Burn Ratio (NBR). Brief outline of processing steps. Br cheat sheet, Vn°4.
- Gaétan L. 2007. Professeur associé, cours gestion du feu en forêt. Introduction à la pyrologie forestière section a et b, 77 p.
- Hachemi M. A. 2014. Apport de la géomatique dans la protection des forêts contre les incendies (cas la forêt Fenouane Ain el Hdjar, Saida). Mém de Master. UNIV: ABOUBEKR BELKAÏD -TLEMEN-, 82p.
- Harris S. Sander V and Simon H. 2011. « Evaluating spectral indices for assessing fire severity in chaparral ecosystems (southern california) using modis/aster (master) airborne simulator data ». *Remote sensing* 3(11): 2403-2419.
- Holden Z. Smith A.M. S. Morgan. P. Rollins. M G. and Gessler P.E. 2005. "Evaluation of Novel Thermally Enhanced Spectral Indices for Mapping Fire Perimeters and Comparisons with Fire Atlas Data." *International Journal of Remote Sensing* (26): 4801-4808.
- Jaziri B. 2020. « Suivi par télédétection de la dynamique de la végétation de Jbelbillahrish ». *Geo-eco-trop* 44 : 65-82.
- Keeley J. E. 2009. Fire intensity, fire severity and burn severity: a brief review and suggested usage. *International journal of wildland fire*, 18 (1): 116-126.
- Key C and Benson N. 2005. "Landscape Assessment: Remote Sensing of Severity, the Normalized Burn Ratio; and Ground Measure of Severity, the Composite Burn Index." In *FIREMON: Fire Effects Monitoring and Inventory System*, RMRS-GTR, Ogden, UT: USDA Forest Service, Rocky Mountain Research Station : 1-51.
- Key C. 2006. Ecological and sampling constraints on defining landscape fire severity. *Fire ecology*, 2 : 34-59.
- Khalid F. 2008. Contribution à l'élaboration d'un plan de prévention des risques incendies de forêt, cas de la commune de Tlemcen (Nord-Ouest d'Algérie). Mém. Mag. Univ. Abou Bakr Belkaid-Tlemcen-, 162 p + annexes.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

---

- Kluser S. 2000. Élaboration d'une carte de couverture du sol par interprétation semi automatisée de l'espace colorimétrique d'orthophotos. Application au bassin versant du Nant D'Avril (France, Suisse), Diplôme d'études supérieures en sciences naturelles de l'environnement, Univ : Lausanne.
- Konko Y, Afelu B et Kokou K. 2021. Potentialité des données satellitaires sentinel-2 pour la cartographie de l'impact des feux de végétation en Afrique tropicale : Application au Togo. Bois et forêts des tropiques, 347: 59-75.
- Lakehal A. 2016. Contribution à l'état sanitaire et mode de gestion des subéraies post incendie - Forêt Ifri dans la région Tlemcen. Mém de Master. UNIV : ABOU BAKR BELKAID –TLEMEN-, 97p.
- Lampin C. Chandicou O. Paulet V. Jappiot M Morge D et Esteve R. 2004. Typologie de la vegetation combustible dans les interfaces agriculture-foret-urbain, 118 p.
- Lillesand M and Kiefer W. 1994. Remote Sensing and Image Interpretation, 3rd ed. xvi + 750 pp. New York, ISBN 0 471 30575 8 (pb).
- Lozano F. Javier S and De Luis E. 2007. « Assessment of several spectral indices derived from multi-temporal Landsat data for fire occurrence probability modelling ». Remote sensing of environment 107 (4): 533-544.
- Margerit J. 1998. Modélisation et simulations numériques de la propagation de feux de forêts. Thèse. Doc. Inst. National polytechnique de lorraine. Nancy, France, 260 p.
- Martin M P & Chuvieco E. 1998. Cartografía de grandes incendios forestales en la península ibérica a partir de imágenes NOAA-AVHRR. Serie Geográfica, 7 : 248–251.
- Meddour-Sahar O, et Bouisset C. 2013. « Les grands incendies de forêt en Algérie : problèmes humains et politiques publiques dans la gestion des risques ». Méditerranée. Revue géographique des pays méditerranéens / journal of mediterranean geography (121): 33-40.
- Meddour-Sahar O. Meddour R et Derridj A. 2008. « Historique des feux de forêts en Algérie analyse statistique descriptive (période 1876-2005) ». Revue campus n<sup>10</sup>. Institut national agronomique d'El Harrach Hassen Badi. UNIV MOULOUD MAMMERI DE TIZI OUZOU ALGER : 10-53 p.
- Midekor A et Wellens J. 2013. Initiation à ENVI. Ouagadougou, Burkina Faso. GE eau. ORG, 84p.
- Moulinier A. 2003. DOSSIER DE PRESSE. PREVENTION DES INCENDIES DE FORETS. Ministère de l'agriculture, de l'alimentation, de la pêche et des affaires rurales, 24p.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

---

Mpakairi K. S. N, Daimani H and Kavhu B. 2020. Exploring the utility of Sentinel-2 MSI derived spectral indices in mapping burned areas in different land-cover types. *Scientific African*, 10 : e00565.

PATWC 1, 2011. « Etat des lieux-diagnostic prospectif ». Etude du plan d'aménagement du territoire. Wilaya de chlef, 376p.

PATWC 2, 2011. « Perspectives de développement et scénarios d'aménagement ». 2011. Etude du plan d'aménagement du territoire. Wilaya de chlef, 145p.

Pereira J. SA A. Sousa A. Silva J. Santos T et Carreiras J. 1999. Caractérisation spectrale et discrimination des zones brûlées. Dans *Téledétection des grands incendies de forêt dans le bassin méditerranéen européen*, E. Chuvieco (Ed.), (Berlin: Springer-Verlag) : 123-138.

RCLC. 2004. Ministère chargé d'aménagement du territoire et de l'environnement. Etude d'aménagement du littoral Wilaya de Chlef. Groupe CNERU, 94 p.

Rebai A. 1983. Les incendies de forêts dans la wilaya de Mostaganem (Algérie). Etude écologique et proposition d'aménagement. Thèse. Doct. Univ. Sci –Marseille-, France ,130 p + annexe.

Roberston J.M.S. 1979. Etude critique de la bibliographie concernant les incendies de forêts aux U.S.A et au Canada et discussion des possibilités d'adaptation de certaines techniques en France méditerranéenne. Thèse 3ème cycle U.P.M.C. Paris IV, 245 p.

Robin M. 2002. *Téledétection : Des satellites aux SIG*, Paris : Nathan, 2ème édition, 318 p.

Robinson J.M. 1991. Fire from space: global fire evaluation in infrared remote sensing. *International journal of remote sensing*, (12): 3-2.

Sana K. 2007. Elaboration du site web de cartographie dynamique pour l'aide à la gestion de la région de Matam. Thèse doc.

SDAZM b, 2007. Analyse de la situation actuelle. 11 : MONTS DE DAHRA, 37p.

SDAZM, a 2007. Analyse de la situation actuelle. 13 : MASSIF DU ZACCAR, 37p.

Sitayeb T. 2006. Application de la géomatique dans l'étude de la dynamique de la végétation dans la plaine de la Macta. Thèse de magistère, centre universitaire de Mascara.

Sylvain B. 2009. Etat de l'art sur la détermination du régime du feu par des moyens de téledétection, 13 p.

Trabaud L. 1976. Inflammabilité et combustibilité des principales espèces de la garrigue – *Plant*, 11, pp : 117-139.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

---

Trabaud L. 1979. Etude du comportement du feu dans la garigue de chêne kermès à partir des températures et des vitesses de propagations. Ann. Sci. For: 13-38.

Trabaud L. 1992. Les feux de forêts : mécanismes, comportement et environnement. Éditions France- Sélection, 278 P.

Tucker C. 1980. Télédétection de la teneur en eau des feuilles dans le proche infrarouge. Télédétection de l'environnement, 15 : 25-30.

UVED, 2008. Université Virtuelle d'Environnement et Développement. ENVCAL-suivi de l'environnement par télédétection-. Paris.

Verstraete M. M and Pinty B. 1991. The potential contribution of satellite remote sensing to the understating of arid lands processes. Vegetation, 91 : 59-72.

Vincent F, Jean-Paul L, Christelle B et Nicolas F. 1996. Les SIG appliqués à la forêt. Bois et forêt des tropiques-N°250 4<sup>ème</sup> trimestre : 36-70.

Worboys M. F. 1995. GIS, A Computer Perspective, Taylor and Francis.

Zammit O. 2008. Détection de zones brûlées après un feu de forêt à partir d'une seule image satellitaire SPOT 5 par techniques SVM. Mathématiques [math]. Université Nice Sophia Antipolis, 147p.

Zaoui M. 2013. Gestion des risques de feu dans la forêt de M'sila Wilaya d'Oran. Univ : Abou Bakr Belkaïd –Tlemcen-, 134p.

Web : [050b930dd88672cdf80e26571b1d03d4--le-triangle-triangles.jpg](http://050b930dd88672cdf80e26571b1d03d4--le-triangle-triangles.jpg) (236x236) ([pinimg.com](http://pinimg.com))



*Annexes*

## ANNEXES

**Tableau : L'évolution annuelle du nombre de foyer par Daïra (1999-2020)**

Années	Nombre de foyers durant la période (1999-2020)											Total
	Abou El H	Béni Haoua	Boukadir	Chlef	El Karimia	El Marsa	O/ BAE	O/ Fodda	Taougrite	Ténès	Zeboudja	
<b>1999</b>	8	20	0	5	4	16	0	3	0	19	4	<b>79</b>
<b>2000</b>	12	14	0	2	2	17	10	3	10	33	16	<b>119</b>
<b>2001</b>	10	8	1	4	3	2	4	0	11	46	1	<b>90</b>
<b>2002</b>	0	0	0	1	1	0	0	0	1	4	0	<b>7</b>
<b>2003</b>	1	5	0	1	2	2	2	2	5	5	5	<b>30</b>
<b>2004</b>	2	14	1	8	6	3	3	1	3	13	5	<b>59</b>
<b>2005</b>	0	9	0	5	2	2	2	8	2	12	10	<b>52</b>
<b>2006</b>	0	7	0	5	0	0	2	3	0	6	6	<b>29</b>
<b>2007</b>	0	11	1	15	1	1	3	9	4	5	4	<b>54</b>
<b>2008</b>	2	16	4	4	10	1	0	1	0	5	4	<b>47</b>
<b>2009</b>	5	11	0	5	18	11	4	3	0	1	3	<b>61</b>
<b>2010</b>	4	6	0	18	4	7	1	6	0	15	3	<b>64</b>
<b>2011</b>	2	21	0	11	6	0	1	5	4	27	1	<b>78</b>
<b>2012</b>	30	67	0	9	10	15	0	7	18	70	22	<b>248</b>
<b>2013</b>	5	17	0	10	2	5	1	6	4	9	11	<b>70</b>
<b>2014</b>	15	35	5	8	4	18	2	12	10	34	15	<b>158</b>
<b>2015</b>	2	39	1	6	3	3	2	4	8	9	11	<b>88</b>
<b>2016</b>	6	26	0	2	4	6	3	2	5	14	6	<b>74</b>
<b>2017</b>	9	27	0	1	12	4	2	3	12	13	7	<b>90</b>
<b>2018</b>	3	7	1	3	4	4	0	2	8	17	5	<b>54</b>
<b>2019</b>	11	37	1	2	6	12	0	7	2	28	19	<b>125</b>
<b>2020</b>	10	45	0	0	3	16	5	2	23	29	22	<b>155</b>
<b>Total</b>	<b>137</b>	<b>442</b>	<b>15</b>	<b>125</b>	<b>107</b>	<b>145</b>	<b>47</b>	<b>89</b>	<b>130</b>	<b>414</b>	<b>180</b>	<b>1831</b>

## ANNEXES

**Tableau : L'évolution annuelle des superficies brûlées en (ha) par Daïra (1999-2020)**

Années	Superficie parcourus par les incendies en (ha)											Total
	Abou El Ha	Béni Haoua	Boukadir	Chlef	El Karimia	El Marsa	O/ BAEK	O/ Fodda	Taougrite	Ténès	Zeboudja	
<b>1999</b>	0	82,56	0	1,22	17	113,45	0	1,5	0	34,62	2,1	252,45
<b>2000</b>	31,7	10,2	0	0,55	1,5	273,1	135	4,5	66	107,57	88,2	718,32
<b>2001</b>	42,8	10,2	50	6,1	5	5	10,5	0	72,5	65,42	2	269,52
<b>2002</b>	0	0	0	0,25	1,5	0	0	0	0,2	5,1	0	7,05
<b>2003</b>	1,8	17,15	0	1	1,9	2,1	2,2	3	25,5	3,12	53	110,77
<b>2004</b>	2,5	65,5	23	29,5	247,5	53	14,5	1	10,2	17,46	11,15	475,31
<b>2005</b>	0	52,4	0	7,2	4	4,5	141	8,1	17,46	8,27	10,81	253,74
<b>2006</b>	0	17,25	0	10,5	0	0	19	6	0	98,5	3,1	154,35
<b>2007</b>	0	22,56	0,05	36,7	15	5	18	8,54	5,7	171,4	6,27	289,22
<b>2008</b>	1,4	74,6	30,5	14	109	28	0	21	0	3,7	12	294,2
<b>2009</b>	0,2	12,45	0	26,85	18	16,15	2,5	10,6	0	119,19	7,45	213,39
<b>2010</b>	6,52	14,2	0	25,1	41,5	98,52	4	13,38	0	12,52	3,5	219,24
<b>2011</b>	20	64,52	0	22,5	15	0	3	25,4	8,6	42,52	0,5	202,04
<b>2012</b>	567,6	231,15	0	18,25	21,5	910,2	0	122,8	424,9	1417,3	298,4	4012,1
<b>2013</b>	10,2	59,74	0	40	8	7,5	1,5	24,4	9,5	3,78	69,18	233,8
<b>2014</b>	31,3	36,18	58,7	29,5	9,5	59,43	114	48,85	11,23	39,21	116,3	554,2
<b>2015</b>	0,5	81,49	0,1	7,25	19,5	3	31	86	37,6	4,63	29,02	300,09
<b>2016</b>	6,35	14,7	0	1,1	7,02	6,49	20	0,19	41,6	42,37	1,95	141,77
<b>2017</b>	25,84	38,09	0	1	23	5,05	23,5	1,15	46,69	6,76	6,11	177,19
<b>2018</b>	2,2	1,58	15	4	6	10,14	0	2,5	13,23	6,35	2,8	63,8
<b>2019</b>	42,83	78,93	2	6	8,05	88,35	0	43,08	0,55	40,16	57,05	367
<b>2020</b>	75,45	69,97	0	0	4,5	1631,95	37,5	2	49,9	233	86,09	2190,36
<b>Total</b>	869,19	1055,42	179,35	288,57	583,97	3320,93	577,2	433,99	841,36	2482,95	866,98	<b>11499,91</b>

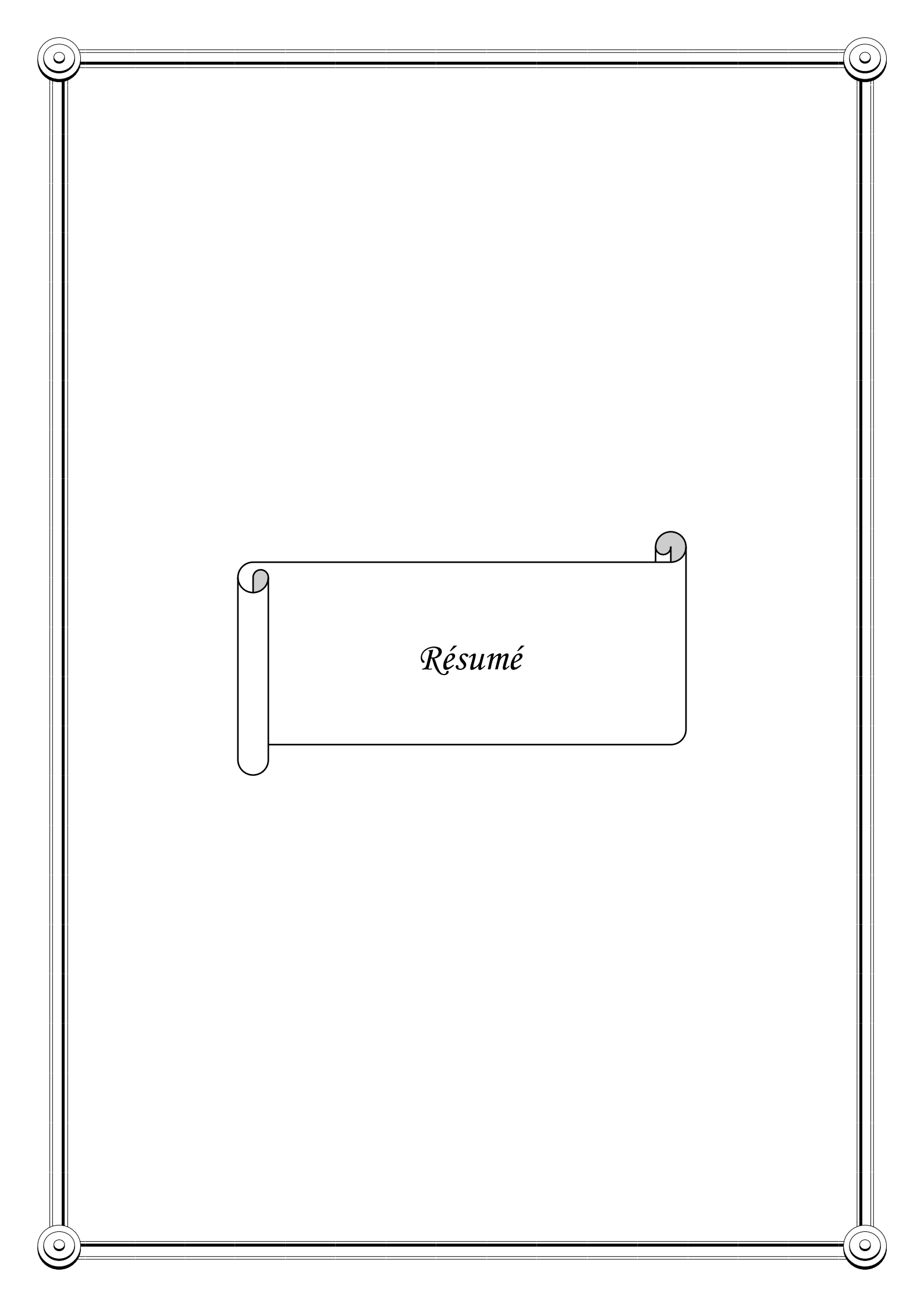


**Tableau : L'évolution annuelle du nombre de foyer en (ha) par commune du littorale (1999-2020)**

	<b>Béni Haoua</b>	<b>O/ Goussine</b>	<b>Ténès</b>	<b>Sidi AER</b>	<b>El Marsa</b>	<b>Dahra</b>	<b>Total</b>
<b>1999</b>	12	8	15	13	4	0	<b>52</b>
<b>2000</b>	8	6	14	15	12	4	<b>59</b>
<b>2001</b>	3	5	34	2	9	9	<b>62</b>
<b>2002</b>	0	0	4	0	0	0	<b>4</b>
<b>2003</b>	2	3	4	2	1	3	<b>15</b>
<b>2004</b>	8	6	7	3	2	2	<b>28</b>
<b>2005</b>	2	7	7	2	1	1	<b>20</b>
<b>2006</b>	5	3	3	0	1	0	<b>12</b>
<b>2007</b>	5	2	4	1	0	0	<b>12</b>
<b>2008</b>	8	1	1	1	1	0	<b>12</b>
<b>2009</b>	11	6	9	4	0	0	<b>30</b>
<b>2010</b>	4	3	7	4	0	0	<b>18</b>
<b>2011</b>	3	6	14	0	3	0	<b>26</b>
<b>2012</b>	20	8	13	8	20	1	<b>70</b>
<b>2013</b>	11	0	5	6	1	2	<b>25</b>
<b>2014</b>	13	9	15	7	6	5	<b>55</b>
<b>2015</b>	13	9	3	2	2	4	<b>33</b>
<b>2016</b>	10	5	7	5	2	2	<b>31</b>
<b>2017</b>	15	6	9	2	1	6	<b>39</b>
<b>2018</b>	5	2	9	3	5	3	<b>27</b>
<b>2019</b>	15	13	14	6	4	2	<b>54</b>
<b>2020</b>	20	9	14	8	8	9	<b>68</b>
<b>Total</b>	<b>193</b>	<b>117</b>	<b>212</b>	<b>94</b>	<b>83</b>	<b>53</b>	<b>752</b>

**Tableau : L'évolution annuelle des superficies brûlées en (ha) par commune du littoral (1999-2020)**

Années	Superficie parcourus par les incendies en (ha)						Total
	Beni Haoua	Oued Guoussine	Ténés	Sidi AER	El Mersa	El Dahra	
1999	12,18	70,38	27,15	11,51	0	0	121,22
2000	4,23	5,97	23,52	80,3	271,6	9,5	395,12
2001	1,8	8,4	43,22	19,5	5	38,5	116,42
2002	0	0	5,1	0	0	0	5,1
2003	3,5	13,65	2,12	1	2,1	9,5	31,87
2004	45,5	20	15,74	5,65	50	7,5	144,39
2005	4,05	48,35	5,74	0,5	4,5	10	73,14
2006	11,25	10	2,2	1	0	0	24,45
2007	13,36	9,2	171,4	0	5	0	198,96
2008	74,1	0,5	2,1	1	28	0	105,7
2009	1,4	11,05	105,32	0	15,55	0	133,32
2010	2,2	12	10,25	0,1	98,52	0	123,07
2011	2,8	61,72	36,92	1,45	0	6,5	109,39
2012	100,73	130,42	294,98	1057,8	683,02	272,5	2539,45
2013	59,74	0	1,48	0	7,5	8	76,72
2014	22,84	9,84	24,99	12	41,2	10	120,87
2015	29,08	52,41	3,75	0,7	1,5	30	117,44
2016	7,75	6,95	6,07	30,6	3,49	21,5	76,36
2017	30,19	7,9	3,7	2	2,65	15,17	61,61
2018	1,05	0,53	2,06	3,05	5,14	8,55	20,38
2019	37,93	39	25,79	9,32	74,35	0,55	186,94
2020	50,07	19,9	220	11	1588,45	32,25	1921,67
<b>Total</b>	<b>515,75</b>	<b>538,17</b>	<b>1033,6</b>	<b>1248,48</b>	<b>2887,57</b>	<b>480,02</b>	<b>6703,59</b>



*Résumé*

## المخلص

**العنوان:** مساهمة الهندسة الجيوماتيكية لدراسة ديناميكية حرائق الغابات لولاية الشلف

تعد حرائق الغابات ظاهرة متكررة كل عام في العديد من النظم الإيكولوجية للغابات. بعد انتهاء الحرائق، يكون تكامل الهندسة الجيوماتيكية ذا أهمية قصوى لرسم خرائط وتقييم المناطق المحروقة. ولهذه الغاية، استخدمنا بيانات المحاكاة المحمولة جواً "Landsat OLI 8" ذات الدقة المكانية العالية والطيفية العالية المكتسبة على ساحل ولاية الشلف في عام 2020 كعينة تسجل الحرائق الكبيرة لتقييم فعالية المؤشرات الطيفية الأربعة المختلفة في رسم خرائط بصمة الحريق وهي: مؤشر منطقة الاحتراق "BAI"، ومعدل الاحتراق الطبيعي "NBR"، ومعدل الاحتراق الحراري المعياري "NBRT" ومؤشر الغطاء النباتي بالفرق المعياري "NDVI".

**الكلمات المفتاحية:** الهندسة الجيوماتيكية، حريق، مؤشر منطقة الاحتراق "BAI"، معدل الاحتراق الطبيعي "NBR"، معدل الاحتراق الحراري المعياري "NBRT"، مؤشر الغطاء النباتي بالفرق المعياري "NDVI"، الشريط الساحلي لولاية الشلف.

## Résumé

**Titre :** Apport de la Géomatique pour l'étude de la dynamique des feux de forêts à Chlef

Les incendies de forêts sont un phénomène récurrent chaque année dans de nombreux écosystèmes forestiers. Après le passage des incendies, l'intégration de la Géomatique est d'une importance capitale pour cartographier et évaluer les zones brûlées. A cette fin, nous avons utilisé des données de simulateur aéroporté « Landsat OLI 8 » à haute résolution spatiale et spectrale élevée acquises sur le littoral de la Wilaya de Chlef en 2020 comme un échantillon qui enregistre des grands incendies pour évaluer l'efficacité des quatre indices spectraux différents pour la cartographie de l'empreinte du feu qui sont : L'indice de zone de brûlure « BAI », le taux de combustion normalisé « NBR », le taux de combustion normalisé thermique « NBRT » et l'indice de végétation par différence normalisé « NDVI ».

**Mots clés :** Géomatique, incendie, L'indice de zone de brûlure « BAI », le taux de combustion normalisé « NBR », le taux de combustion normalisé thermique « NBRT », l'indice de végétation par différence normalisé « NDVI », Bande littorale de la Wilaya de Chlef.

## Abstract

**Title :** Contribution of Geomatics for the study of forest fire dynamics at Chlef

Forest fires are a recurring phenomenon every year in many forest ecosystems. After the passage of fires, the integration of Geomatics is of paramount importance to map and evaluate burned areas. For this purpose, we used airborne simulator data "Landsat OLI 8" with high spatial and spectral resolution acquired on the coast of the Wilaya of Chlef in 2020 as a sample that records large fires to assess the effectiveness of the three different spectral indices in fire footprint mapping that are: The Burn Area Index « BAI », The Normalised Burn Ratio « NBR », The Normalised Burn Ratio Thermal « NBRT », and The Normalised Difference Vegetation Index « NDVI ».

**Keywords :** Geomatics, fire, The Burn Area Index « BAI », The Normalised Burn Ratio « NBR », The Normalised Burn Ratio Thermal « NBRT », The Normalised Difference Vegetation Index « NDVI », Coastal strip of the Wilaya of Chlef.