

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR

ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

Université Saad Dahlab-Blida1

Faculté de Sciences de la Nature et de la Vie

Département de Biologie des Populations et Organismes



Mémoire de fin d'étude présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master

Option : Biodiversité et Développement Durable

Contribution à la cartographie 'à posteriori' des incendies de forêts, par utilisation d'un système d'information géographique

(Cas du parc national de Chréa)

Présentée et soutenue par : - **KHELALFA Amira Sadika**

-**RECHOUM Sarah Nina**

DEVANT LE JURY :

Mme. AMEDJKOUH H	MAA	Blida 1	Présidente
Mr.GRANDI M	MAA	Blida 1	Examineur
Mme.OUADAH N	MAA	ENSSMAL	Promotrice
Mr. MENAD O	Ingénieur de forêt	PNC	Co promoteur

Année universitaire

2016-2017

DEDICACE

A mes parents,

Mes frères,

Ma chère grande mère et toute ma grande famille,

A Mme. OUADAH N.

A tous ceux qui contribuent à la préservation de la nature

Amira

REMERCIEMENT

Je commence par remercier **ALLAH** Le Tout Puissant qui m'a donné la foi, qui m'a guidé durant toute ma vie et qui m'a donné la volonté et la patience pour la réalisation de ce modeste travail et durant le long de mon cursus éducatif.

A ceux qui ont toujours été à mes côtés depuis ma naissance, **mes chers parents**

Je tiens à exprimer mes vifs remerciements et ma sincère reconnaissance en premier lieu à celle à qui je dois mon amour et ma passion pour cette branche, celle qui a réveillé en moi mon rêve depuis toujours, celle qui m'a encadrée et encouragée durant toute la période de réalisation de ce travail, à **Mme.OUADAH N.**

Un Remerciement spécial pour :

Mr.MENAD O. Ingénieur de forêts , je tiens à lui présenter vivement ma reconnaissance pour sa compétence, son soutien et son aide précieuse.

Mr GRANDI M. maitre de conférence à l'université de Blida 1, pour ses conseils précieux et d'avoir accepté d'être mon examinateur

Mme.AMEDJKOUH Maître de conférences à l'université de Blida 1 pour ses efforts et ses conseils et surtout pour son écoute, son dévouement et son amitié et de m'avoir honorer par sa présidence de mon jury

Mme.RADI, Mme.KHEDAM, Mme.OUARAB, Mr.DOUKARA, Mr.BENJOUDI, Mme.MOUSSAOUI, Mme.SAIDI, Mme.SAADI , et tous les enseignants qui ont contribué à ma formation

Je remercie également l'équipe de la conservation des forets de la wilaya de Blida , spécialement le conservateur de forets **Mr.HABIB S.** et **Mme.AMEUR F.**

Sans oublier :

Mr.BOUMAHDHI S. Mr.BENAISSA S. ,Mr.GUERROUDJ O. ,Miles. NADIA, FARAH ,AMEL, IMENE, AICHA, qui ont été d'un grand soutien tant sur le plan travail que moral .

A la fin, je tiens à remercier les étudiants de ma promotion de licence et celle de master, avec qui j'ai passé des moments inoubliables .

Amira

REMERCIEMENT

Je commence par remercier **ALLAH** Le Tout Puissant qui m'a donné la foi, qui m'a guidé durant toute ma vie et qui m'a donné la volonté et la patience pour la réalisation de ce modeste travail et durant le long de mon cursus éducatif.

Au début, il est très agréable d'exprimer mes reconnaissances a tous ce qui m'ont aidés scientifiquement, matériellement et moralement à réaliser ce travail .

J'exprime aussi mon gratitude, la plus profonde à **Mme. OUADAH. N** qui ma proposé ce sujet. Je lui reconnaisse son entier disponibilité, son aide inestimable et ses conseils sans lesquels ce travail n'aurait pu aboutir .

Je remercie sincèrement qui m'aidé à faire ce travail : **Mr. MENAD. O**

Tous particulièrement j'adresse mon remerciement à **Mme. AMEDJKOUH. H** d'avoir accepté de présider le jury, **Mr. GRANDI. M** d'avoir accepté d'examiner ce modeste travail.

J'adresse mon remerciement au responsable de la conservation des forêts et toutes l'équipe de foresterie de Chréa .

Je dédie ce modeste travail à ceux que j'aime jusqu'à la frontière de l'imagination :

Mes parents sans eux je n'aurais pas abouti ç ce stade d'études, à ma sœur « **Maya Ines** », **Oussama**, à ma chère tante **Khadija** , **Célia**, **Mahmoud**, et à tous mes collègues de master B.D.D

Sarah

Résumé

Les incendies de forêt représentent l'un des risques majeurs qui a des impacts critiques, parfois dévastateurs sur les forêts algériennes. Le présent travail porte sur l'apport des systèmes d'information géographique (SIG) à l'analyse à posteriori des incendies de forêts au niveau du Parc National de Chréa (PNC).

La démarche suivie est basée sur l'utilisation de données satellitaires d'accès libre (*Google Earth*©) et de données statistiques fournies par le PNC. Elle a consisté en la reconnaissance visuelle des zones incendiées, la délimitation de polygones et leur intégration dans un SIG.

Deux cartes d'incendies représentant les années 2009 et 2012 ont été élaborées. Ces cartes ont permis d'une part, de visualiser les zones les plus fréquemment touchées par le feu et d'estimer d'autre part, les surfaces totales brûlées, évaluées respectivement à 1861 ha et 7478 ha.

La comparaison des données provenant des deux sources d'information ont révélé des différences importantes dans l'estimation des surfaces incendiées (respectivement, 95 % et 87 % de différence pour les deux années considérées), ce qui nous laisse penser que la démarche suivie est plus précise et plus fiable que les méthodes classiques de collecte de données.

Nous préconisons de poursuivre ce travail tout en disposant de sources d'informations plus précises (imagerie satellitaire haute résolution), ainsi que de renforcer les capacités du personnel chargé de la gestion des incendies au niveau du PNC, par la formation et la mise à disposition d'outils plus développés afin d'améliorer la lutte contre les incendies.

Mots clés : Incendie de forêt, SIG, *Google Earth*, PNC, cartes d'incendies.

Summary

The forest fires represent one of the major risks which have critical impacts, sometimes devastating on the Algerian forest . The present work focuses on the contribution of the geographical information systems “*GIS* “ to the analyses of forest fires at National Park of Chrea (NPC)

The approach used is based on the use of the free access satellite data ‘Google Earth’ and statistic data supplied by the NPC . It consisted in the visual recognition of the burned areas, the delimitation polygons and their integration in the GIS .

Two fire cards representing the years 2009 and 2012 have been elaborated .These fire cards have allowed, on the one hand, to display the areas the most commonly affected by the fire and to estimate, on the other hand, the total burned surfaces evaluated respectively to 1861 ha and 7478 ha

The comparison of the data from the two information sources have revealed important differences in the estimate of the burned areas (respectively 95% and 87% of difference of both regarded years) . This suggests that the approach used is more accurate and more reliable than the conventional methods of data gathering .

We recommend to continue this work while having more precise sources of information (Satellite imagery high resolution) and strengthen the capacity of the staff responsible for the fire management at NPC, through training and the provision of more developed tools in order to improve the fight against fires

Key words : Forest fire , GIS , Google Earth , NPC , Fire Cards



ملخص

تشكل الحرائق أحد المخاطر الرئيسية التي لها آثار وخيمة و مدمرة على الغابات الجزائرية.

هذا العمل يركز على المساهمة بنظم المعلومات الجغرافية في تحليل و دراسة ما بعد الحرائق للغابات في الحضيرة الوطنية للشريعة ، و استند هذا النهج على استخدام معطيات لاسلكية (جوجل إيرث) و البيانات الإحصائية المقدمة من طرف المديرية العامة للغابات 'البليدة' ، وهي تتألف من التعرف البصري على المناطق المحروقة و تعيين المضلعات و إدماجها في نظم المعلومات الجغرافية.

تم إعداد خريطتين لرصد النار في سنتي 2009 و 2012، سمحت هذه الخرائط في تصوير المناطق الأكثر تضررا من النار من ناحية و تقدير المساحة الإجمالية المحروقة من ناحية أخرى حيث قدرت هذه الأخيرة ب 1861 هكتار و 7478 هكتار على التوالي و كشفت مقارنة البيانات من مصدر المعلومات عن وجود فروق معنوية في تقدير المناطق المحروقة(فارق 95 % و 87 % لكل من السنتين المدروستين بالترتيب) مما يشير إلى أن النهج أكثر دقة و موثوقية من أساليب جمع البيانات التقليدية.

لمواصلة العمل و الاستمرار فيه لابد من مصادر أكثر دقة للمعلومات أي صور عالية الدقة، فضلا عن تعزيز قدرات الموظفين المسؤولين عن إدارة الحرائق على مستوى الحضيرة الوطنية من خلال التكوين و توفير أدوات أكثر تطورا لتحسين مكافحة الحرائق.

الكلمات المفتاحية : حرائق الغابات ، الحضيرة الوطنية للشريعة ، نظم المعلومات الجغرافية ، خرائط الحرائق ، جوجل إيرث .

SOMMAIRE

Introduction	1
Chapitre I : Synthèse bibliographique	3
I. Généralités sur les incendies de forêts	3
1. Définition	3
2. Situation générale en Méditerranée et en Algérie	3
3. Eléments de pyrologie forestière	4
4. Causes des incendies	6
5. Conséquences des incendies	7
II. Apports de la cartographie et des Systèmes d'Information Géographique dans l'évaluation des surfaces incendiées	8
1. La cartographie	8
2. Les systèmes d'informations géographiques (S.I.G.)	10
III. Généralités sur la zone d'étude	13
1. Présentation du Parc National de Chréa	13
2. Synthèse bioclimatique	17
Chapitre II : Matériels et méthode	20
1. Choix de la zone d'étude	20
2. Matériels utilisés	20
3. Source des données	20
4. Outils informatiques	20
5. Données utilisées	20
6. Méthodologie de travail	22
Chapitre III : Résultats et discussion	31
1. Analyse des superficies incendiées recensées à partir des images <i>Google Earth</i>	31
2. Analyse des données statistiques des incendies survenus au PNC	35
3. Comparaison des résultats obtenus à partir des deux sources de données (G.E et DGF)	36
4. Analyse critique des résultats	40
5. Discussion générale	40
Conclusion et perspectives	42
Références bibliographique	44

Liste des figures

Figure 1 : Superficies incendiées et nombre de foyers survenues durant la période 2006-2016.	04
Figure 2: Triangle du feu .	04
Figure 3 : Les différentes strates du combustible .	05
Figure 4: Les différents types de feux de forêts .	06
Figure 5: Les deux grandes branches de la cartographie contemporaine .	08
Figure 6: Les modes de représentation des données géographiques .	11
Figure 7 : Les fonctions d'un système d'information géographique .	12
Figure 8 : Situation générale du Parc National de Chréa .	14
Figure 9: Carte des principales formations végétales du PNC .	16
Figure 10 : Organigramme synthétique et explicatif des étapes du travail .	22
Figure 11: capture d'image et superposition des limites du PNC .	23
Figure 12: Choix de la date et archivage de l'image à la date sélectionnée .	24
Figure 13 : Détection visuelle des zones incendiées à une altitude de 3.45 km .	25
Figure 14: Repérage des incendies par la création des points de repère .	26
Figure 15: Création d'un polygone .	27
Figure 16: exemples de polygones réalisés .	27
Figure 17: Insertion des fichiers <i>Shp.</i> par l'outil « ajout des données »	28
Figure 18 : Création de couches d'information .	29
Figure 19 : Recherche d'outil <i>Intersect</i> .	29
Figure 20 : Application de l'option ' <i>Intesect</i> ' pour comparer deux couches d'informations .	30
Figure 21: Mise en forme finale de la carte préminute .	30
Figure 22 : Carte des sites ayant brûlé en 2009 à partir de <i>Google Earth</i> .	32
Figure 23 : Carte des sites ayant brûlé en 2012 à partir de <i>Google Earth</i> .	34

Figure 24: Carte des sites ayant brûlé en 2009 et en 2012 à partir de <i>Google Earth</i> .	34
Figure 25 : Superficie incendiées selon chaque source pour l'année 2009 et 2012 .	36
Figure 26: Carte de croisement des données de la DGF et de G.E, Année 2009 .	37
Figure 27: Carte de croisement des données de la DGF et de G.E, Année 2012 .	38

Liste des Tableaux

Tableau 1: Les principaux avantages et inconvénients d'un système tel que Arc/Info	13
Tableau 2 : La faune présente dans la zone d'étude	17
Tableau 3: Tableau récapitulatif des informations auxiliaires des polygones	28
Tableau 4 : Tableau récapitulatif des polygones recensés à partir d'images <i>Google Earth</i> du 02/08/2009	31
Tableau 5: Tableau récapitulatif des polygones recensés à partir d'images <i>Google Earth</i> du 12/08/2012, du 15/08/2012 et du 25/10/2012	33
Tableau 6 : Les surfaces incendiées dans le PNC selon la DGF	35
Tableau 7: Comparaison des conditions de travail de chaque source	40

Liste des abréviations et acronymes

BDG : Base des données géographiques

CEMAGREF : Centre National du Machinisme Agricole, du Génie Rural, des Eaux et des Forêts.

D.A.O : Dessin assisté par ordinateur

DGF : Direction générale des forêts

GE : Google Earth

GPS : Global positioning system

It : Indice de Thermicité

ONM : Office National de la météorologique

P : Précipitation

PNC : Parc National de Chréa

SGBD : Système de gestion de base de données

SIG : Système d'information géographique

T : Température

T_m : Température moyenne

UICN : Union international pour la conservation de la nature

Introduction



Introduction

L'incendie surtout à l'apogée de la période estivale constitue une menace permanente pour les forêts de la région méditerranéenne et représente la cause principale de la destruction des forêts (CEMAGREF, 2006). La superficie des forêts algériennes est estimée à 4,7 millions d'hectares de forêts et de maquis, ce qui représente environ 1% du territoire national (DGF, 2000).

Les incendies ou feux de végétation sont des sinistres qui se déclarent dans une formation végétale, qui peut être de type forestier (forêts de feuillus, de conifères ou mixtes), sub-forestier (maquis, garrigues ou landes) ou encore de type herbacé (prairies, pelouses, ...). (MEDDOUR-SAHAR et al, 2013)

Depuis 1963 à nos jours plus de 30 000 ha ont été détruits en moyenne annuellement par le feu (DGF, 2009). Les études impliquant la spatialisation des incendies de forêts sont assez rares en Algérie et en particulier au niveau du Parc National de Chréa (notre zone d'étude), ce qui représente une contrainte majeure dans la compréhension de ce phénomène (qui est l'une des causes majeures de la destruction du couvert végétal) ; et par conséquent dans la recherche et la mise en place des mécanismes les plus adéquats pour sa prise en charge.

Les méthodes classiques généralement utilisées en Algérie pour la prévention et la lutte contre les incendies, demandent du temps et ne sont pas toujours fiables au vu de la complexité et de la diversité des écosystèmes forestiers. Des travaux dans ce domaine reposant sur des techniques modernes d'observation et d'analyse de l'espace (Système d'Information Géographique), ont montré leur efficacité et leur rapidité en matière d'élaboration de cartes d'évaluation du risque d'incendies en zone forestière grâce à l'analyse thématique des causes d'incendies alors que dans notre travail l'objectif était de faire une étude cartographique à posteriori.

A quoi sert une démarche « à postériori » ?

Sur le plan étymologique, le terme à postériori du latin *a posteriori*, (par abréviation de *a posteriori ratiōne*) signifie en partant des données de l'expérience. (Dictionnaire Le Robert, 2012).

Dans notre cas c'est une démarche qui permet de valoriser des données ou informations provenant d'événements passés ayant eu des impacts plus ou moins durables (ce qui est le cas des incendies) par une analyse rigoureuse et approfondie, dans le but de tirer des enseignements précieux et d'anticiper sur la survenue d'événements similaires par la prise de décisions ou de mesures de gestion adéquates.

Ce travail s'articule autour de trois chapitres:

- ✓ Le premier chapitre est une synthèse bibliographique et se subdivise en trois parties:
 - La première partie donne un aperçu général sur le phénomène des incendies de forêts

Introduction

- La deuxième partie porte sur le système d'information géographique
- La troisième partie est consacrée à la présentation de la zone d'étude.
- ✓ Le deuxième chapitre expose la méthodologie adoptée et le matériel d'étude.
- ✓ Le troisième chapitre est consacré aux différents résultats obtenus et leur discussion
- ✓ Nous terminerons par une conclusion et quelques recommandations.

I. Généralités sur les incendies de forêts

1-Définition

Les incendies ou feux de végétation sont des sinistres qui se déclarent dans une formation végétale, qui peut être de type forestier (forêts de feuillus, de conifères ou mixtes), sub-forestier (maquis, garrigues ou landes) ou encore de type herbacé (prairies, pelouses...). (MEDDOUR-SAHAR et al, 2013)

En Algérie, sous le vocable de « feux de forêts », on regroupe habituellement les feux touchant divers types de formations ligneuses : forêts, maquis et broussailles (MEDDOUR-SAHAR, 2008).

2-Situation générale en Méditerranée et en Algérie

2.1 - Les feux en forêt méditerranéenne

Chaque année, 35.000 à 40.000 ha du paysage méditerranéen sont réduits en cendres, ce qui correspond à 3000 voire 4000 départs de feux par an, du fait d'un climat particulièrement favorable (longue sécheresse), elle est dans son ensemble peu productive, peu équipée et peu entretenue donc peu protégée (LOPEZ et al, 1996).

D'un point de vue écologique, une perturbation n'exprime pas toujours une notion désastreuse et catastrophique, au sens où elle éradiquerait définitivement les espèces touchées ; au contraire en éliminant une partie des formations en présence, elle contribue grandement à établir une mosaïque de milieu hétérogène, particulièrement très riche .La majorité des espèces végétales de la région sont douées de stratégies adaptatives ingénieuses afin de recoloniser les zones ravagées par les flammes. Certaines d'entre elle, comme l'Inule visqueuse (*Inula viscosa*) ou le Pin d'Alep, sont dites anémogames, c'est - à -dire quelles bénéficient d'une très bonne dispersion de leurs graines par le vent. D'autres nécessitent pour se développer des conditions thermiques favorables, c'est le cas du Ciste à feuilles de Sauge (*Cistus salvifolius*) dont la croissance des spores, enfouies dans le sol, est spontanément générée après le passage d'un incendie.

Quant aux Bruyères (*Erica arborea*, *Erica scoparia*), et au Chêne liège, la capacité de reprise des souches favorise la régénération des tissus calcinés. La cicatrisation des espèces arbustives et herbacées peut se faire rapidement.

2.3-Les feux de forêt en Algérie

La destruction progressive du couvert forestier est liée à des facteurs anthropiques, quelquefois naturels et ce malgré la réalisation d'importants programmes forestiers. La forêt algérienne a perdu 1 162 484 ha entre 1979 et 2009. La moyenne annuelle des surfaces détruites par le feu se situe entre 45000 et 50000 ha. (MEDDOUR-SAHAR et al, 2013)

L'histogramme des superficies brûlées fait ressortir très bien cet état de fait (figure 1). En effet certaines années se caractérisent par des incendies de grande ampleur, comme c'est le cas de 2012 qui a largement dépassé la moyenne décennale estimée à 32235ha.

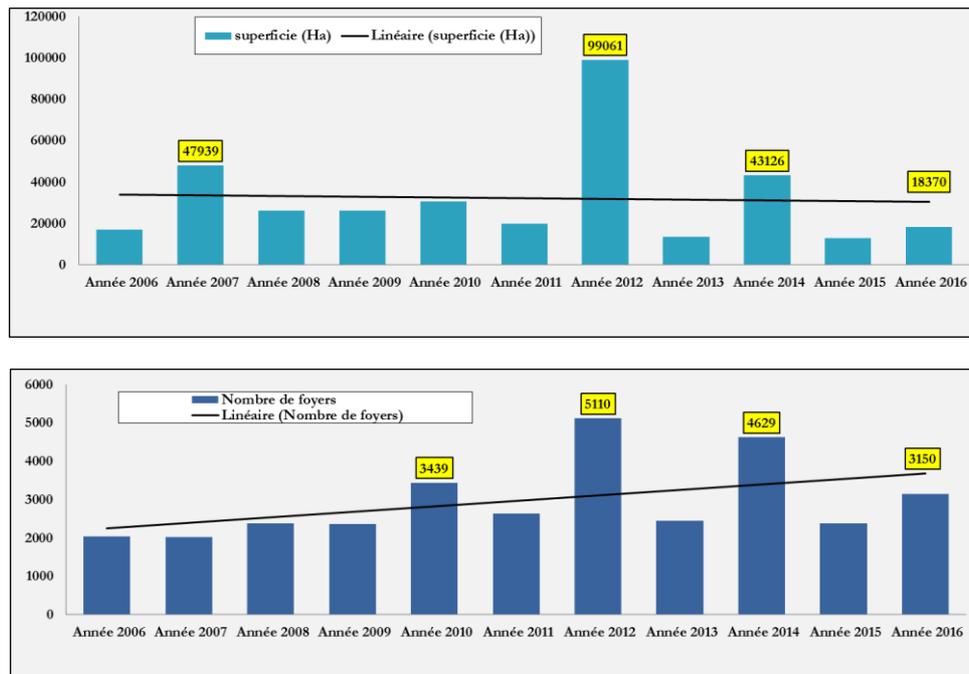


Figure 1 : Superficies incendiées (haut) et nombre de foyers (bas) survenues durant la période 2006-2016. (Source : GACEMI et al , 2017)

3-Eléments de pyrologie forestière

3.1- Les éléments du feu

La combustion exige la présence en proportion convenable de trois éléments : 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. (Figure 2)

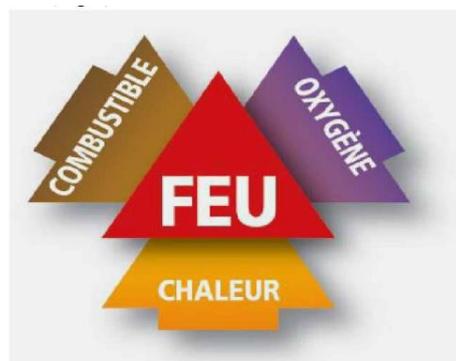


Figure 2: Triangle du feu (MEDD, 2002)

3.1.1-Le combustible

Il se répartit en quatre strates (Figure 3) :

La litière : Très inflammable, elle est à l’origine d’un grand nombre de départs de feux, difficiles à détecter, car se consumant lentement.

La strate herbacée : elle est d’une grande inflammabilité, le vent peut y propager le feu sur des grandes superficies.

La strate des ligneux bas (maquis, garrigue) : d'inflammabilité moyenne, elle transmet rapidement le feu aux strates supérieures.

La strate des ligneux hauts : rarement d'un feu, elle permet cependant la propagation des flammes lorsqu'elle est atteinte, ce sont les feux de cimes.

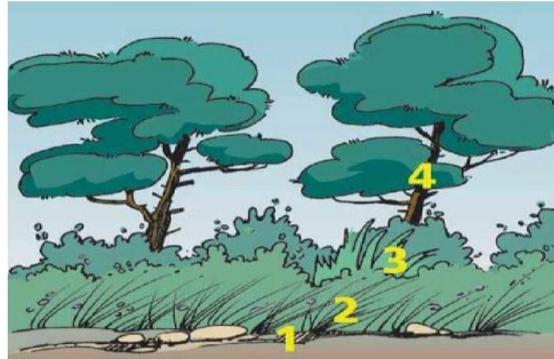


Figure 3 : Les différentes strates du combustible (MEED, 2002)

(1 : Litière, 2 : strate herbacée, 3 : strate des ligneux bas, 4 : strate des ligneux hauts)

3.1.2- Le comburant

Dans le cas des feux de forêts, il s'agit de l'oxygène de l'air. La combustion dépend également fortement de cet élément, puisque, pour qu'une flamme se produise et s'entretienne, il faut que le pourcentage en volume d'oxygène restant présent dans l'air soit supérieur à 15,75 %. Pour que les braises se consomment, il faut qu'il soit supérieur à 10.5%. (CEMAGREF, 1989)

3.1.3- 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 une mètre du sol (TRABAUD, 1979).

3.2- Les différents types de feu

Une fois éclos, un feu peut prendre différentes formes, chacune étant conditionnée par les caractéristiques de la végétation et les conditions climatiques dans lesquelles il se développe. Les feux de forêts peuvent être de quatre types (MARGERIT, 1998) (figure 4)

3.2.1- Les feux de sols : Ce sont des feux qui brûlent sous la surface du sol, le combustible qui l'alimente est composé de matières organiques partiellement décomposées. Ces feux se propagent lentement, en raison du manque d'oxygène. Leur présence est souvent difficile à déceler, car même s'ils dégagent beaucoup de chaleur, ils diffusent en général que très peu de fumée.

3.2.2- Les feux de surface : Désignés aussi sous le terme de feux courants, les feux de surface se propagent dans les sous-bois des forêts. Ils brûlent l'herbe et les broussailles et peuvent être de faible, de moyenne ou de forte intensité selon la quantité de combustible disponible. Ils

peuvent avoir comme origine un feu de sol ou se termine en un feu de sol susceptible de se transformer en un nouveau feu de surface après l'intervention des pompiers.

3.2.3- Les feux de cime : on qualifie les feux de cime lorsqu'ils sont localisés au niveau des arbres et qu'ils brûlent plus de 90% de celles-ci. Ils se développent généralement au sol, montent le long des arbres en brûlant sur leur passage feuilles, aiguilles et même certaines branches.

Indépendant ou dépendant des feux de surface, ils libèrent en général de grandes quantités d'énergie et ont une vitesse de propagation très élevée. Ce sont les ligneux hauts qui assurent la propagation verticale en direction des feux.

3.2.4-Les feux de braises : Les braises sont produites par des feux de cimes ou pour certaines conditions de vent et de topographie .Ces braises sont transportées à distance et sont alors à l'origine de foyers secondaires. Les grands brandons peuvent brûler longtemps et être transportés très loin (jusqu'à 10 ou 20 Km dans les cas exceptionnels) (Colin et al,2001).

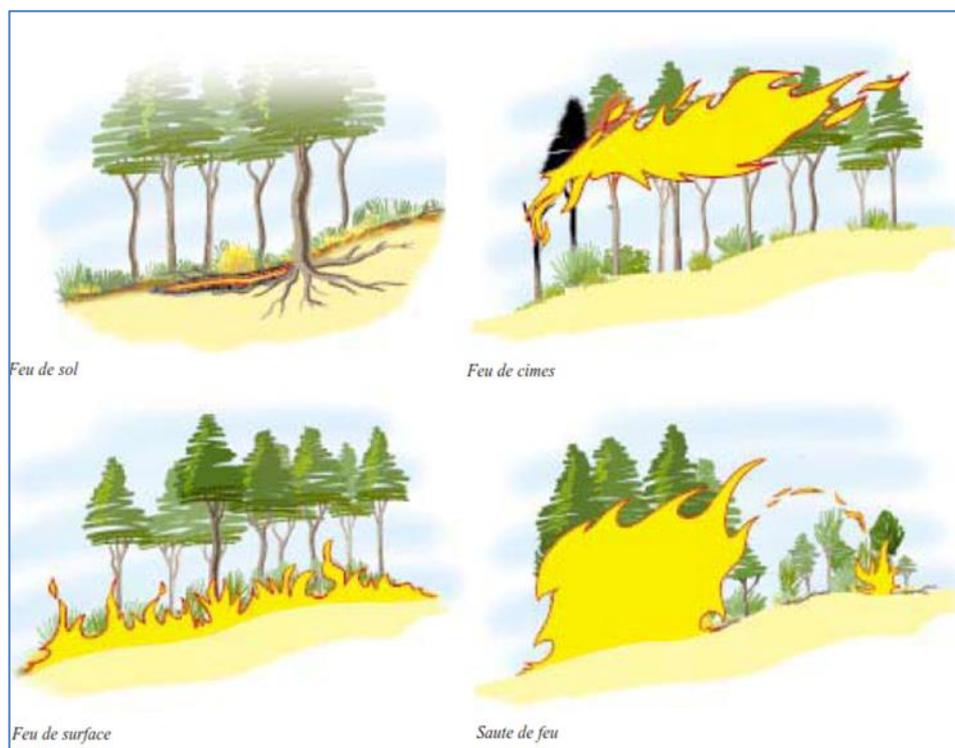


Figure 4: Les différents types de feux de forêts (COLIN et al, 2001)

4-Causes des incendies

Les incendies sont attribuables aux causes les plus diverses .Le feu se déclare presque toujours dans le sous- bois constitué par une végétation spontanée composée d'arbustes, de plantes diverses et d'herbes. Il ne présente pas les mêmes dangers dans toutes les forêts, et à cet égard, la nature des essences (résineuses ou feuillues), le climat (humide ou sec), la constitution géologique du sol, la densité plus ou moins grande du sous- bois, la présence d'un tapis épais d'aiguilles ou de mousse ont une influence considérable. Les risques d'incendies varient encore selon la saison, la chaleur, la sécheresse plus ou moins persistante et la violence des vents ; les causes déterminantes des incendies sont nombreuses.

4.1- Causes involontaires

L'accident ou l'imprudence sont à coup sûr les causes les plus fréquentes, elles se répartissent comme suit :

-Imprudence des fumeurs.

-Négligence des paysans durant leurs activités agricoles et forestières (Incinération des Chaumes).

-Imprudence des promoteurs, chasseurs et ouvriers de la forêt qui négligent d'éteindre entièrement les feux allumés pour la cuisson de leurs aliments.

4.2-Causes volontaires

La malveillance joue incontestablement un rôle dans les incendies de forêts. Elle se manifeste habituellement pour exprimer le mécontentement des riverains vis-à-vis des procès-verbaux dressés à leur encontre par l'administration forestière.

A ces criminels, il faut ajouter les déséquilibrés ou pyromanes ; qui incendient uniquement par plaisir de détruire ou pour jouir de l'effet causé dans la population ou dans la presse, on doit faire rentrer dans la malveillance les incendies allumés par intérêt, notamment ceux provoqué par les berges pour se procurer des pâturages.

Au nombre de ses causes on peut citer enfin, la présence en forêt de débris de verres formant lentilles, la foudre, la chute des lignes électriques à hautes tensions,...etc .Toute fois ces causes sont discutables et très rares.

5-Conséquences des incendies

5.1-Impact du feu sur le peuplement

Le degré d'altération est fonction de la combinaison des dégâts sur les différentes parties de l'arbre (feuillage, tronc, racines) résultant de la nature du feu (feu de surface, feu de cime) et de l'intensité de ce dernier, ainsi que la sensibilité au feu de l'espèce .Un feu rapide provoque beaucoup moins de dommages qu'un feu lent (COLIN et *al*, 2001).

5.2-Impacts du feu sur l'environnement

L'incendie, surtout à l'apogée de la période sèche estivale, constitue une menace permanente pour les boisements et les peuplements arbustifs végétaux de la région méditerranéenne. Il représente une importante cause de destruction tant des écosystèmes climaciques relictuels que des phytocénoses subclimaciques ou de celles caractérisant les formations végétales dégradées (maquis, garrigues, matorrals). (RAMADE, 1997).

5.3- Impacts socio-économiques

Les incendies de forêts sont beaucoup moins meurtriers que la plupart des autres catastrophes naturelles. Ils peuvent cependant provoquer la mort d'hommes, notamment parmi les combattants du feu. Les incendies mettent aussi en danger la vie des habitants en détruisant des habitations. C'est le cas surtout lorsqu'elles n'ont pas fait l'objet d'une protection particulière, soit au niveau de la construction elle-même, soit au niveau de la végétation environnante.

Les lieux très fréquentés sont menacés par les incendies de forêt, qu'il s'agisse de zones d'activités, de zones urbaines, de zones de tourisme et de loisirs ou de zones agricoles. Ces

divers lieux présentent une vulnérabilité variable selon l'heure de la journée et la période de l'année.

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 (COLIN et al, 2001).

II- Apports de la cartographie et des Systèmes d'Information Géographique dans l'évaluation des surfaces incendiées

1-La cartographie

1.1- Définition

La définition de la cartographie suppose que la représentation de la Terre s'accomplit grâce à un ensemble de techniques et de méthodes. Il en résulte deux grandes branches de la cartographie. (DIDIER, 1999). (figure 5)

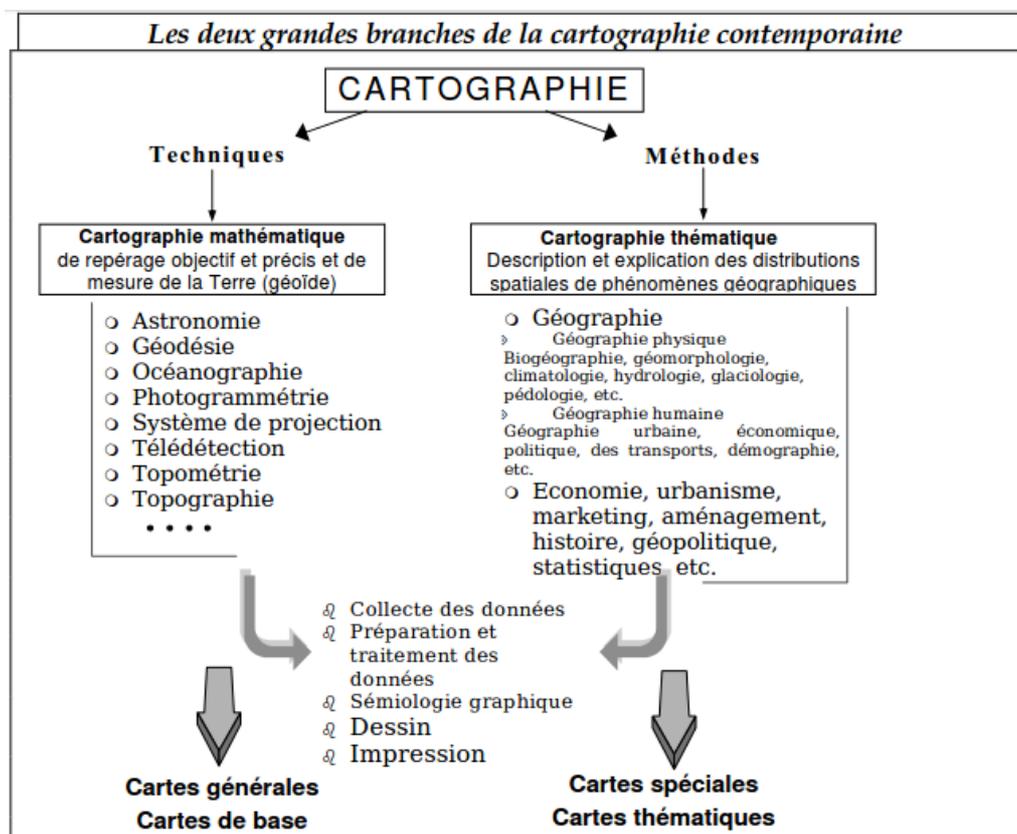


Figure 5 : Les deux grandes branches de la cartographie contemporaine. (DIDIER,1999)

La cartographie a pour but la représentation de la Terre ou d'une autre planète sous une forme géométrique et graphique grâce à la conception, la préparation et la réalisation de carte (DIDIER, 1999).

1.2- La carte

Selon JOLY in (DIDIER,1999), « une carte est une représentation géométrique, plane, simplifiée et conventionnelle de tout ou partie de la surface terrestre et cela dans un rapport de similitude convenable qu'on appelle échelle »

La carte est en elle-même une base de données géographique dont toute l'information est exprimée par la représentation graphique et la légende qui l'accompagne. Elle a été le premier modèle de l'espace géographique. Son évolution en base de données géographiques n'a pas remis en cause les concepts fondamentaux sur lesquels reposent la modélisation et la représentation de l'espace géographique (CALLOZ et COLLET, 2011).

Ces concepts fondamentaux sont décrits, selon les mêmes auteurs, comme suit :

a)- L'échelle : rapport entre la distance mesurée sur la carte et celle correspondant dans la réalité

b)- Le géo-référencement : La localisation des objets dans un espace décrit à la fois leur position dans un endroit de cet espace et leurs relations par rapport aux autres objets. Elle inclut donc les deux notions la position et le voisinage.

c)- Les systèmes de projection : La géo-référence consiste à établir un système de référence pour positionner tout objet à la surface terrestre. La surface de la terre est courbe et il est plus commode de la représenter sur une surface plane.

d)- Le positionnement : Il consiste à établir, au moyen de coordonnées, la position la plus exacte possible d'un point sur la surface de la terre. Il est réalisé par les méthodes géodésiques. Les moyens conventionnels sont les levés topographiques et, actuellement, le positionnement par satellite tel le GPS (Etas Unis), AGNOS (Russie) ou encore Galileo (Europe).

e)- Les relations spatiales : C'est la capacité de localiser et décrire individuellement des entités spatiales, mais également l'aptitude à les appréhender collectivement en décrivant leurs relations dans l'espace.

f)- La topologie : c'est l'ensemble des relations perçues qui nous permettent de situer les objets spatiaux les uns par rapport aux autres, elle implique des notions telles que : l'adjacence, la connectivité, l'inclusion et l'intersection.

2-La cartographie et le système informatique :

L'apparition de l'informatique dans le domaine de la cartographie est déjà ancienne puisque les premières cartes par ordinateur datent du début des années 60. Néanmoins, à cette époque, la technologie encore balbutiante et surtout les obstacles financiers empêchaient l'expansion de la cartographie par ordinateur qui ne concernait qu'un noyau de spécialistes. Depuis, elle s'est perfectionnée sans cesse si bien qu'aujourd'hui, concevoir une carte sur ordinateur est en passe de devenir un acte aussi ordinaire qu'utiliser un traitement de texte. Cette révolution a bouleversé toute la filière cartographique, d'amont en aval. (DIDIER, 1999).

L'auteur décrit quatre niveaux selon les fonctionnalités des logiciels :

Les logiciels grand public : Certains logiciels sont destinés au grand public et plus particulièrement aux curieux de géographie ou aux milieux. Ils ne permettent en aucun cas de créer des cartes et ne sont donc pas des logiciels de cartographie.

Les logiciels de dessin : La réalisation de cartes grâce un logiciel de dessin (Adobe Illustrator ou Corel Draw par exemple) suppose le maniement plus ou moins expérimenté du Dessin Assisté par Ordinateur (D.A.O.).

Les logiciels de cartographie : Les logiciels de cartographie sont complets et permettent de « numériser » (ou « digitaliser »), c'est-à-dire enregistrer des fonds de carte personnels. Ils créent, structurent et gèrent les bases de données cartographiques.

2- Les systèmes d'informations géographiques (S.I.G.)

2.1- Définition

Selon JOLIVEAU (in DIDIER, 1999) : *«Un S.I.G. est l'ensemble des structures, des méthodes, des outils et des données constitué pour rendre compte des phénomènes localisés dans un espace spécifique et faciliter les décisions à prendre sur cet espace».*

C'est également : "un système pour collecter, stocker, vérifier, manipuler, analyser et restituer des données spatialement référencées à la surface de la Terre " (DOE, 1987).

2.2- Composition d'un S.I.G

Le SIG est composé, d'une part, de la base de données géographiques, et d'autre part d'un ensemble d'outils permettant l'utilisation de celle-ci :

2.2.1- La base de données géographique (BDG)

Elle est constituée d'un ensemble numérique de « cartes » et d'information associée.

Comme cette base de données décrit des objets à la surface de la terre, elle est composée de deux éléments : une base de données décrivant les objets spatiaux (localisation, forme) et une autre définissant les caractéristiques thématiques (attributs) de ces objets.

2.2.2- La saisie numérique

La saisie numérique d'une information à caractère spatial telle que les documents cartographiques constitue un autre système de base. Celui-ci permet de convertir l'information analogique d'une carte en une information numérique.

2.2.3- La représentation cartographique

Elle permet de sélectionner des éléments de la BDG et de les représenter cartographiquement à l'écran ou à l'imprimante.

2.2.4- Le système de gestion de base de données (SGBD)

Ce terme fait référence à un type de logiciels chargé de gérer des données thématiques mais il soit aussi nécessaire de gérer l'information spatiale. En fait, un SIG contient non seulement un SGBD traditionnel, mais aussi une variété d'outils capables de gérer à la fois les dimensions thématiques et spatiales de l'information. A l'aide d'un SGBD, il est possible d'introduire des informations thématiques, sous la forme de tables ou de statistiques et subséquentment d'en extraire des éléments spécifiques sous les deux mêmes formes. Un SGBD permet l'analyse de ce contenu thématique (SITAYEB, 2006).

2.2.5- L'analyse spatiale

L'analyse spatiale de l'information est une extension des capacités d'interrogation des bases de données traditionnelles, en prenant en compte la localisation des observations.

2.2.6- L'analyse statistique

Des outils de statistique descriptive de données spatiales ont été développées pour prendre en compte le caractère spatial des données et aussi parce que ce type de données pose des problèmes particuliers d'application des procédures classiques.

2.2.7- Le traitement d'image

Le traitement d'images issues de la télédétection (ex : photos aériennes ou images satellitaires) permet de transformer le contenu originel d'une image en une information au contenu thématique exploitable à l'aide de procédures de classification. (SITAYEB, 2006).

2.3 - Modes de représentation des données géographiques

Selon (SITAYEB, 2006) Les données spatiales sont représentées dans un SIG suivant deux modes : vecteur ou raster (figure 6).

2.3.1- Le mode vecteur

En mode vecteur, les objets sont définis par des points, par des arcs ou des polygones. A chaque objet est alors assigné un identifiant unique, à travers lequel lui sont associées des caractéristiques attributaires quantitatives et /ou qualitatives. Le mode vecteur est de ce fait plus adapté à la représentation de variables discrètes. Il permet de représenter les objets tels qu'on les perçoit dans le monde réel.

2.3.2- Le mode raster

Les données sont stockées sous forme des cellules de taille et de forme identiques pour représenter l'espace, en le découpant de manière. Généralement de forme carrée, les cellules(ou pixels) sont organisées en lignes et colonnes. A chaque pixel correspond une valeur unique. Les images satellitaires ou scannées sont des exemples de données représentées en mode.

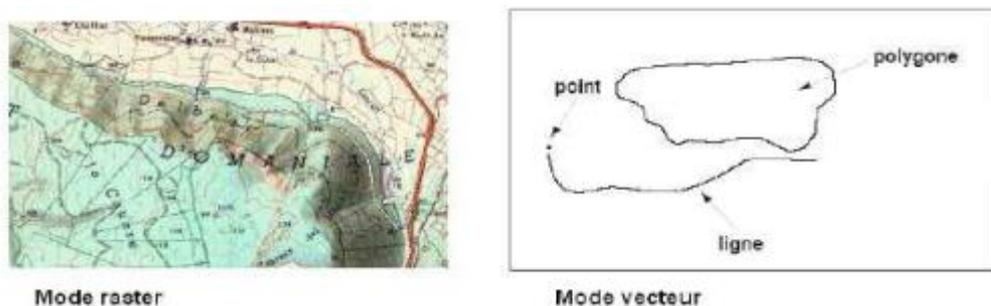


Figure 6: Les modes de représentation des données géographiques (SITAYEB,2006).

2.4- Les fonctions de S.I.G :

Pour pouvoir réaliser les différentes opérations que l'on attend de lui, le système d'information géographique possède différentes fonctionnalités : acquisition, archivage, analyse et affichage. Avant de réaliser ces opérations, il faut décider du type d'informations qui seront utiles, c'est à dire de la manière dont on va se représenter ou modéliser l'espace géographique sur lequel on va travailler, dont on va s'en faire une abstraction. Abstraction, Acquisition, Archivage, Analyse et Affichage, ces caractéristiques d'un SIG sont souvent commodément agrégées sous le sigle "5A " (GENEGRE et SALGE, 1996) (figure 7)

a)Abstraction : Nécessaire pour rendre le monde modélisable (DESHAYES et CHERY, 2000)

b) Acquisition : C'est la collecte des informations pour constituer la base des données. L'acquisition se fait par :

1) - La création des données cartographiques si elles n'existent pas.

2) - La numérisation de documents papier pour transformer un document papier en un fichier numérique, d'homogénéiser l'ensemble des documents (c'est-à-dire les mettre à la même échelle), de les reproduire, et de les conserver. Cette numérisation peut s'effectuer de deux façons : la digitalisation et la scénarisation, encore appelée balayage électronique. (JAPPIOT, 2000)

3)- L'importation de fichiers numériques Il existe des données sous forme numérique (Exemple : un fichier ascii) que l'on peut importer facilement dans un SIG. (JAPPIOT, 2000)

c)Archivage: Stockage des informations collectés sous forme numérique.

d) Analyse: Consiste à étudier, caractériser et décrire le monde réel à partir de la base des données. (JAPPIOT, 2000).

e) Affichage : Représentation et mise en forme, notamment sous forme cartographique.

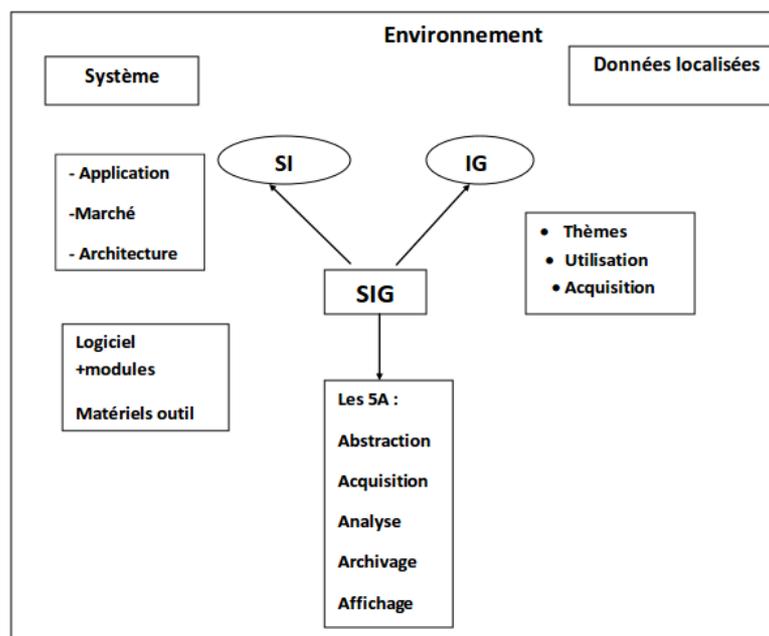


Figure 7 : Les fonctions d'un système d'information géographique (RAVALET et PANET, 2001)

2.5- Les domaines d'applications du SIG :

Les domaines d'application des SIG sont nombreux que variés tels que:

- Protection civile (gestion et prévention des catastrophes)
- Hydrologie (planification et gestion des réseaux hydriques)
- Forêt (cartographie pour aménagement, gestion des coupes et sylviculture)
- Géologie (cartographie, aléas, amiante environnemental,
- Biologie (études du déplacement des populations animales)

2.6- Avantages et Inconvénients d'un SIG

Les principaux avantages et inconvénients d'un système tel que Arc/Info sont rappelés ci-dessous (JAPPIOT, 2000) :

Tableau 1: Les principaux avantages et inconvénients d'un système tel que Arc/Info (JAPPIOT, 2000) :

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> • Stockage informatique : extraction rapide à faible coût, • Rapidité de calculs, calculs importants, • Mise à jour possible rapidement, • Possibilités de calculs de nouvelles variables, • Intégration de données satellitaires. 	<ul style="list-style-type: none"> • Coût du matériel, du logiciel, de la maintenance, • Coût d'acquisition des données • Formation indispensable des utilisateurs

III-Généralités sur la zone d'étude

1-Présentation du Parc National de Chréa

1.1-Historique

C'est en 1912, sous l'impulsion de la Société d'Histoire Naturelle de l'Afrique du Nord que fut projetée l'idée de création du Parc National de Chréa.

Le 03 septembre 1925, le Parc National de Chréa est constitué par l'arrêté gouvernemental pris en application de l'arrêté général du 17 février 1921 fixant le statut type des parcs nationaux en Algérie, afin de parer à toute dégradation et atteinte à la beauté naturelle du milieu, cela explique la superficie de 1351 ha répartie sur l'ensemble de la forêt de cèdre seulement.

Vu la pression et l'ampleur de la dégradation qu'ont subi ces milieux naturels, l'idée de reclasser et d'élargir le territoire du Parc National originel fut indispensable, ce qui a été fait sur la base de la loi n°83-03 du 05 Février 1983 relative à la protection de l'environnement.

Plus-tard, en application du décret n° 83-458 du 23 juillet 1983 portant statut type des parcs nationaux de l'Algérie, le Parc National de Chréa est de nouveau créé par décret n°83-561 du 23 juillet 1983 et étendu à une superficie de 26587 ha.

1.2-Situation administrative et limites du parc :

Le PNC est situé à 50 km au sud-ouest d'Alger, il est localisé sur le massif de l'Atlas Blidéen, qui lui-même constitue la partie centrale de l'Atlas Tellien. Les versants septentrionaux surplombent la ville de Blida et la plaine de Mitidja, tandis que les versants méridionaux dominent les nombreux contreforts s'égrainant jusqu'à la ville de Médéa.

Après son extension en 1983, ce parc compte au total 26587 ha et s'étale sur une longueur de 40 Km et une largeur de 7 à 14 km (figure 8). Il englobe actuellement, en plus de la cédraie de Chréa, plusieurs massifs forestiers comme ceux de Jbel Mouzaia, à l'ouest, où se développent des formations sylvatiques uniques dans la région (Erablière, Zénaie) du Jbel Feroukha (chênaie verte) à l'est et la forêt de Takitount (Pineraie), au sud. (PNC, 2009).

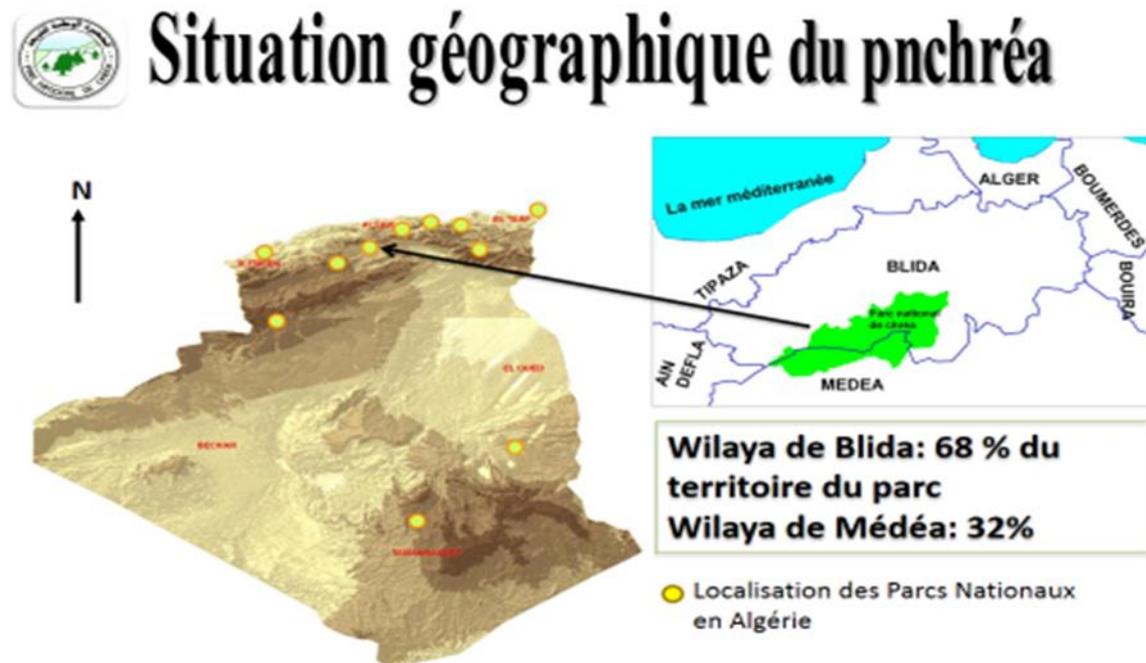


Figure 8: Situation générale du Parc National de Chréa (PNC, 2013)

1.3-Géologie

Selon (HALIMI, 1980), le massif de Chréa est lithologiquement très homogène constitué essentiellement de puissants dépôts de schistes répandus sur les versants septentrionaux. Il est plus ou moins argileux sans fossiles (FAUREL, 1947 in MEDDOUR, 1994).

1.4- Pédologie

Les facteurs écologiques essentiels qui influent sur l'évolution des sols sont : le climat, la roche mère, la topographie, la végétation et l'homme DUCHAUFOR (1960).

Pour RAMADE (1984) : « La pédosphère résulte de l'interaction de deux compartiments biosphériques, l'atmosphère et les couches superficielles de la lithosphère. Les sols résultent de l'action extrêmement intriquée et complexe des facteurs abiotiques et biotiques ».

Concernant les sols de l'Atlas Blidéen, HALIMI (1980) souligne qu'ils sont caractérisés d'une manière générale, par l'importance des éléments grossiers due essentiellement à une action d'érosion plus intense en montagne, dont ces sols évoluent lentement en raison des basses températures. Ce qui induit des sols immatures ou sols jeunes.

BOUAOUNE (1996) a fait une synthèse de travaux pédologiques effectués dans la région du PNC, le confirme en montrant que cette pédologie varie en fonction de la topographie et le type de la végétation.

Les différents types de sols sont différenciés en fonction de la topographie et du couvert végétal et sont qualifiés de sols jeunes et peu évolués. Selon (LACOSTE et SALONON, 1981), on distingue :

- Les sols forestiers de haute altitude (1550m), sous chênaie verte et cèdre, à faible pente, ce sont des sols bruns à texture limono-argileuse et plus ou moins caillouteux, sable sous couvert. Ces sols sont riches en matière organique.
- Les sols forestiers de haute altitude (1330m), à forte pente et au contact du cèdre et chêne vert, ces sols sont squelettiques de type Rankers, peu évolués à cause des conditions situationnelles d'humidité et du froid étant développés sur roche mère siliceuse, le complexe absorbant et saturé.
- Les sols dégradés des piémonts déposés en mi- pente. Ce sont des sols d'apport colluvial ou lithosol.

1.5- La composante végétale

Au Parc National de Chréa sont recensés divers écosystèmes naturels montagneux ; maquis, matorrals, pelouses, lacustre, forêts, et différentes ripisylves (figure 9). A leur niveau s'exerce une multitude de processus écologiques. Ces habitats naturels jouent un rôle prépondérant dans la vie de nombreuses espèces biologiques par le nourrissage, le refuge et la reproduction.

En effet, selon (DJEMAI, 2013) l'inventaire 2010 a révélé une liste qui dépasserait les 1600 eucaryotes. Ils sont répartis à travers les écosystèmes diversifiés, présentés par type d'habitat : habitat à cèdre de l'Atlas, habitat à chêne vert, habitat à chêne liège, habitat à chêne Zeen, habitat à pin d'Alep, habitat à thuya de Bérberie et habitat à ripisylves.

L'analyse floristique du tapis végétal, ayant permis de mettre en évidence les différents groupes végétaux en fonction des situations écologiques particulières et anthropiques, révèle une flore très diversifiée à travers ses étages bioclimatiques allant de l'humide au nord vers le semi-aride au sud.

Les derniers inventaires ont permis de recenser environ 950 taxons de rang d'espèces et sous-espèces. Ce qui représente 34,52% de la richesse floristique nationale. Ils se répartissent dans les différentes formations végétales qui sont les habitats vitaux nécessaires à leur substance, 878 de ces espèces sont des végétaux autotrophes et le reste est représenté par les lichens et les champignons.

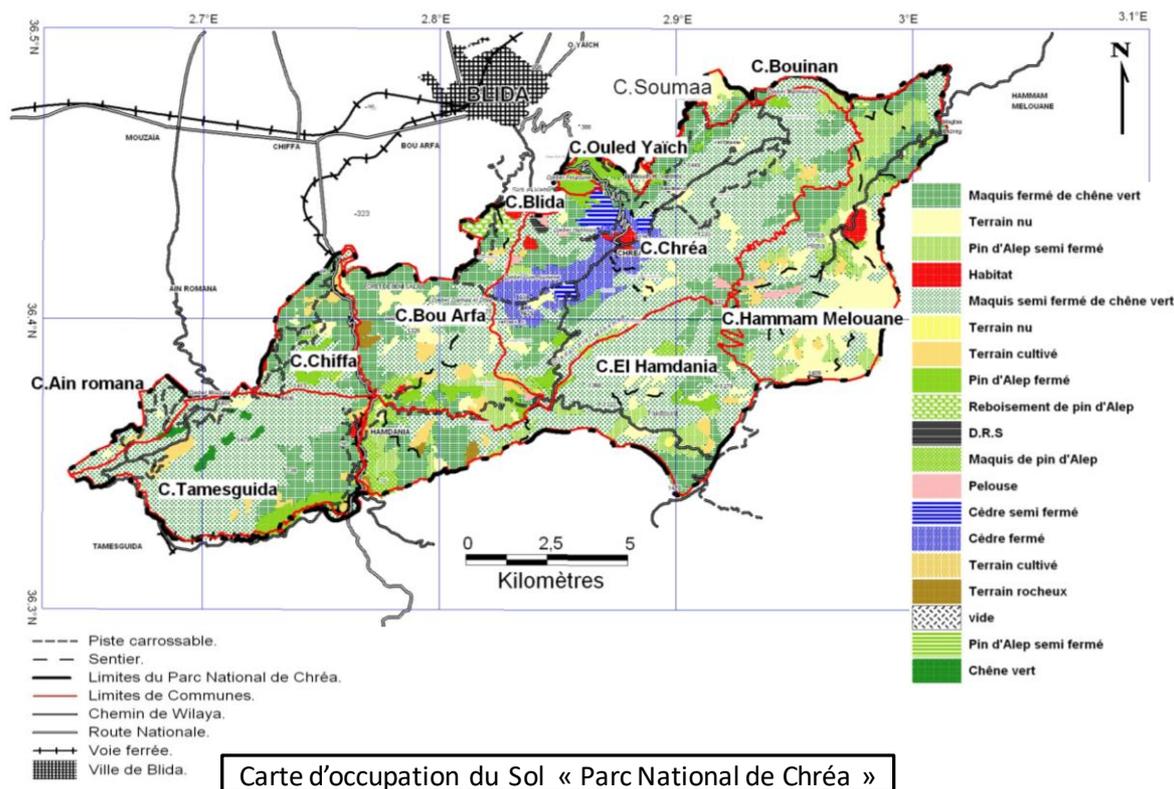


Figure 09: Carte des principales formations végétales du PNC (PNC, 2013)

La flore du Parc National de Chréa est également caractérisée par sa valeur patrimoniale représentée, entre autres, par son taux d'endémisme. D'après QUEZEL ET SANTA (1962), une cinquantaine d'espèces, sont concernées. Elles peuvent être endémiques à la Méditerranée, au Nord de l'Afrique, au Maghreb, à l'Algérie ou encore à l'Atlas Blidéen.

Les espèces protégées, par décret, sont au nombre de 15 dont 6 espèces sont des arbres tels que le Cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica*), deux sorbiers (*Sorbus torminalis* et *Sorbus sp*) et l'if (*Taxus baccata*), et 6 sont des orchidées.

1.6- La faune

Par ailleurs, l'inventaire de la faune réalisé est aussi considérable que diversifié ; il représente une part importante par rapport à l'inventaire algérien voire 23,64% ou les mammifères représentent plus de 28%, les oiseaux dépassent les 30%, les amphibiens plus de 90% et les arthropodes 25% (PNC, 2009).

Le tableau dans la page suivante résume les données retirées du PG 2009 :

Tableau 2 : La faune présente dans la zone d'étude

	Mammifères	Oiseaux	Arthropodes	Les reptiles	Les amphibiens
Nombre totales des espèces	25 espèces (le singe magot, endémique au Maghreb est protégé par décret)	123 espèces (appartiennent à 35 familles différentes ou les rapaces sont bien représentés aux Gorge de la Chiffa)	un effectif de 490 espèces, associés à divers écosystèmes forestiers. Il se répartissent entre 22 ordres et 87 familles	13 espèces	
Insectivores	27.3%	54%		54%	50%
Carnivores	33.4%	18%		15%	30%
Omnivores	17.3%	1%		7.5%	10%
Herbivores	9.1%			7.5%	10%
Polyphages		19%			
Charognards		2%			
Granivores		17%			
Piscivores	3%				

Source : PNC (2009)

Parmi cette richesse animale, un nombre important (59) d'espèces figure sur la liste des espèces protégées par décret : 9 mammifères ; 32 oiseaux ; 16 insectes ; 2 reptiles (KERKARE ,2010 ; ARAB ,1989 ; BELLATRECHE ,2008).

2. Synthèse bioclimatiques

2.1-Les données climatiques

Le climat se présente comme un ensemble de phénomènes qui tiennent aux états de l'atmosphère pour un lieu dans un temps défini ; les variations de ces composantes (précipitations, températures, ...) définissent le type de la végétation ainsi sa répartition.

2.1.1-Les précipitations

La pluviosité constitue un facteur écologique fondamental dans les écosystèmes terrestres car elle conditionne avec la température la structure et la productivité de ces derniers. (RAMADE, 2002)

Le Parc National de Chréa est compris entre les isohyètes 760 et 1400 mm/an de précipitations moyennes annuelles. Pour les précipitations journalières, il a été dénombré sur la base de 30 années d'observation soit 10 958 jours, 2820 jours pluvieux à la station de Chréa et presque le même nombre à la station de Blida.

Dans l'ensemble, les moyennes mensuelles des précipitations annuelles sont plus importantes dans les stations situées sur le versant Nord-Ouest que dans les stations situées sur

le versant Sud Est. Les stations les plus arrosées font face aux vents humides venant du Nord-Ouest (PNC ,2009)

2.2-Les autres formes de précipitations

2.2.1-La neige

La couche de neige permet au sol de s'imbiber de façon continue et de s'humecter profondément d'où la reconstitution de la réserve utile d'eau dans le sol. (HALIMI, 1980).

De plus, comme la neige se laisse traverser par la lumière, les végétaux peuvent commencer leur développement à l'abri du froid et se trouver à l'air libre en pleine activité au moment de sa fonte, au printemps.

La couche de neige qui en moyenne est de 15 à 20 cm, atteint parfois 50 cm .Les moyennes annuelles des jours d'enneigement dans le Parc national de Chréa, atteignent la fréquence moyenne de 26 jours pour Chréa. (PNC ,2009)

2.2.2- La gelée et la grêle

Les gelées blanches se manifestent surtout en Septembre. Elles apparaissent en automne et disparaissent au début du printemps (fin Mars début Avril). Le risque de gelées blanches commence lorsque le minimum moyen tombe au-dessous de 10 C°.

Quant à la grêle, elle tombe durant presque toute la période allant de Décembre à Mars (Lac de Mouzaia, Hakou Feraoun, Médéa).

2.2.3-Le brouillard

Le brouillard se forme lorsqu'une forte concentration de fines gouttelettes d'eau se trouve en suspension dans l'atmosphère après la diminution de la température nocturne.

Le brouillard est relativement fréquent dans les parties hautes du Parc national qui sont souvent plongées dans les nuages. Pour le col de Chréa, les observations faites sur une dizaine d'années seulement ont donné 104 jours/an de brouillard. (PNC ,2009)

2.2.4-Le vent

Le vent est un élément important à ne pas négliger, il est défini comme étant l'air qui se déplace des anticyclones (hautes pressions) vers les dépressions (basses pressions).

Il agit directement par son action mécanique sur la végétation et le sol, et soit indirectement en modifiant la température et l'humidité.

Dans le Parc National de Chréa, ce sont les vents du Nord-Ouest qui prédominent. En ce qui concerne le sirocco, il se manifeste un à trois jours/an.

2.2.5-Les températures

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

Le Parc National de Chréa est compris entre les isothermes 8 et 11°C de températures moyennes annuelles, les sommets étant plus froids et les piémonts plus chauds.

2.3- Le climat du site d'étude

Le parc national de Chr a est caractérisé par un climat tempéré chaud. En hiver, les pluies sont bien plus importantes qu'elles ne le sont en été. La carte climatique de Köppen-Geiger y classe le climat comme étant de type Csa. La température moyenne annuelle est de 14.5  C   Chr a. La moyenne des précipitations annuelles atteints 564 mm. (<https://fr.climate-data.org>)

1.Choix de la zone d'étude

La zone d'étude retenue est le territoire du Parc National de Chréa (PNC). Ce choix est motivé par le statut d'aire protégée de ce territoire, qui le rend particulièrement vulnérable aux effets perturbateurs des incendies de forêts qui détruisent régulièrement des surfaces plus ou moins importantes en fonction des années.

La période expérimentale s'est déroulée entre décembre et avril 2017.

2.Matériels utilisés

On a utilisé comme matériel pour cette étude un ordinateur portable .

3.Source des données

- Données numériques à partir de sites web d'accès libre ([www. googleearth.org](http://www.googleearth.org)) .
- Données fournies par le Parc National de Chréa (documents en format papier et numérique) ainsi que l'appui technique dans l'utilisation des logiciels SIG.
- Données statistiques recueillies au niveau de la DGF (Sous-Direction de HABIB.S)

4.Outils informatiques (logiciels de traitement des données)

Nous avons choisi quatre outils pour implémenter notre méthodologie afin d'évaluer les risques d'incendies, qui sont : *Google Earth Pro*, *ArcMAP* et *ArcGIS* et *Global Mapper*, décrits comme suit :

- ***Google Earth Pro*** est un logiciel gratuit développé par Google permettant d'observer la plupart des régions du monde comme vues du ciel et de zoomer afin de pouvoir en apprécier les détails. Ce logiciel offre la possibilité d'étudier de manière interactive le globe terrestre, ce qui en fait un logiciel à la fois ludique et éducatif. Il fonctionne à partir d'un système de positionnement par satellite permettant de consulter les zones les plus reculées de la planète. Le programme enregistre à intervalles de temps réguliers les photos des lieux ayant une certaine valeur historique. Pour y accéder, l'outil met à disposition des utilisateurs un curseur chronologique permettant de littéralement remonter le temps grâce aux images d'archive.
- ***ArcGIS*** est un système d'information géographique (SIG) développés par la société américaine *Esri (Environmental Systems Research Institute, Inc.)* pour travailler avec des cartes et des informations géographiques. Ce système est utilisé pour: créer et utiliser des cartes; compiler les données géographiques, analyser les informations cartographiées, partager et découvrir les informations géographiques et la gestion de l'information géographique dans une base de données.
- ***ArcMap*** est le composant principal *d'ArcGIS d'Esri* pour le traitement géo-spatial, et il est principalement utilisé pour visualiser, éditer, créer et analyser des données géo-spatiales. *ArcMap* permet à l'utilisateur d'explorer les données dans un ensemble de données, de symboliser les fonctions en conséquence et de créer des cartes. Cela se fait à travers deux sections distinctes du programme, la table des matières et la base de données .
- ***Global Mapper*** est un simple outil de visualisation capable d'afficher les images raster, les données d'altitude et les données vectorielles les plus répandues. Il convertit, édite,

imprime, acquière des données GPS, et permet d'utiliser des fonctionnalités SIG sur les jeux de données de manière peu onéreuse et simple. Global Mapper permet aussi, en son sein, un accès direct à la totalité de la base de données *TerraServer* d'imagerie satellitaire et de cartes topographiques de l'USGS ainsi que la visualisation des données d'altitudes en vrai 3D avec un drapage de n'importe quelles images raster ou données vectorielles. (Anonyme, 2017)

5. Les données utilisées

5.1-Choix des dates : Nous avons retenu comme intervalle de temps pour notre étude la période 2007-2015, pour plusieurs raisons : i) certaines de ces années ont été caractérisées par des incendies de grande ampleur (2007 et 2012) ii) L'essor pris, durant la dernière décennie par les techniques géomatiques dans l'étude des risques majeurs tels que les incendies ainsi que la facilité d'accès aux données et aux outils via internet.

Après un travail d'exploration et de recherche, nous nous sommes focalisés sur les années 2009 et 2012, qui ont présenté les meilleures années en matière de disponibilité et de netteté des images.

Plus précisément, les images utilisées pour ce travail sont représentées par un assemblage d'images *Google Earth* portant les dates suivantes : (02/08/2009, 12/08/2012, 15.08.2012, 25.10.2012 et) téléchargées à partir du site internet. : www.googleearth.org.

Concernant l'origine des images il est important de spécifier que les images *Google Earth* proviennent du satellite américain landsat 7 ETM+. En effet, en 2000, la NASA a sponsorisé la création d'une mosaïque d'images ortho-rectifiées représentant l'ensemble des masses terrestres, à une résolution spatiale de 15 m, Cette haute résolution spatiale et la qualité visuelle des images *Google Earth* est obtenue par la technique de refonte d'images ou *pan sharpening*, d'images issues de la combinaison de 5 bandes spectrales (dont les bandes 7,4 et 2) et de la bande panchromatique haute résolution, de façon à recréer des images fausses-couleurs les plus proches possible des couleurs naturelles. (Rocchio, 2006)

Par la suite, après le lancement en 2013 de landsat 8, *Google Earth* et *Google Maps* s'enrichissent de nouveaux clichés plus performants. Les images capturées par ce satellite ont l'avantage de multiplier les détails et de disposer de couleurs plus franches et intenses que les clichés déjà disponibles pris par Landsat 7 (Anonyme 2, 2017) .

6-Méthodologie de travail

La méthodologie suivie s'est déroulée sur plusieurs étapes selon l'organigramme suivant (figure 10).

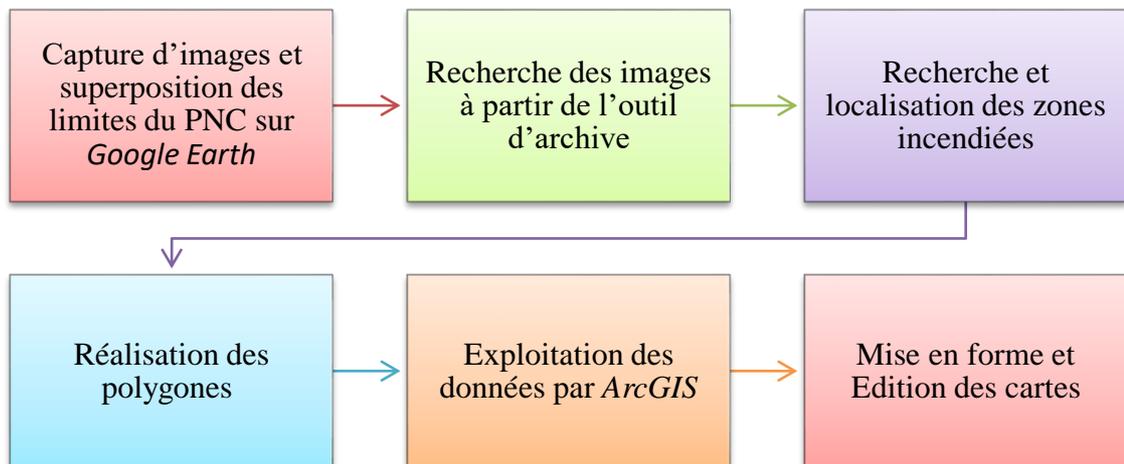


Figure 10 : Organigramme synthétique et explicatif des étapes du travail

6.1-Capture d'images et matérialisation de la zone d'étude sur Google Earth

Pour réaliser cette étape, nous avons procédé comme suit :

- **Introduction des limites du Parc National de Chréa sur Google Earth** : Les limites sont importées à partir d'un fichier en format image compressé (KMZ), fourni par le PNC(figure 11).

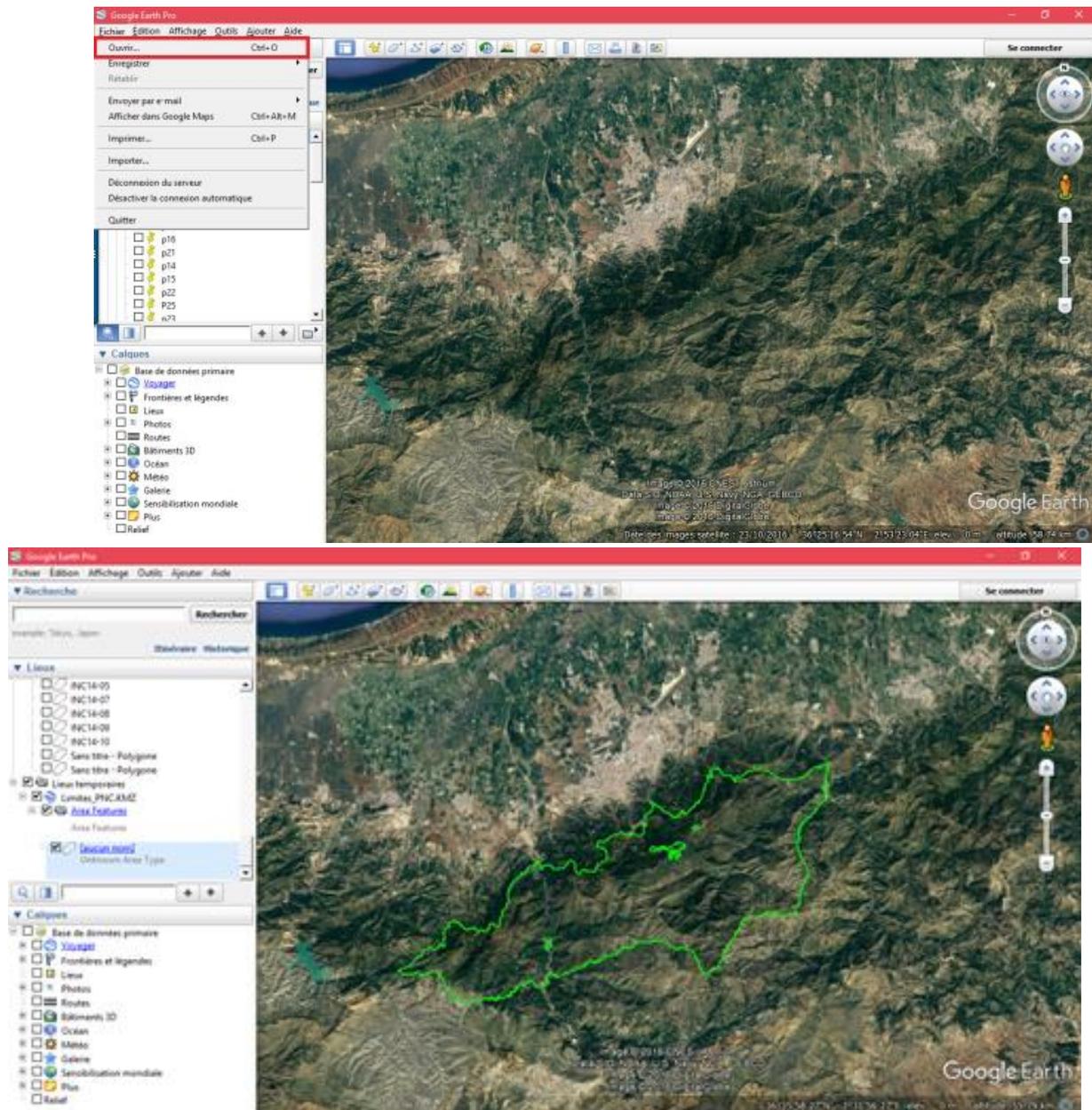


Figure 11: capture d'image et superposition des limites du PNC

- **Sélection de l'outil d'archivage de l'image et choix de la date :** L'outil d'archivage du logiciel met à la disposition des utilisateurs un curseur chronologique permettant d'avoir accès aux images d'archive. La date de l'image sur laquelle on veut travailler, représentée par le mois et l'année, est sélectionnée à partir de la barre d'outils correspondante. Notre choix s'est porté sur les dates correspondant à l'intervalle de temps considéré dans cette étude (figure 12).

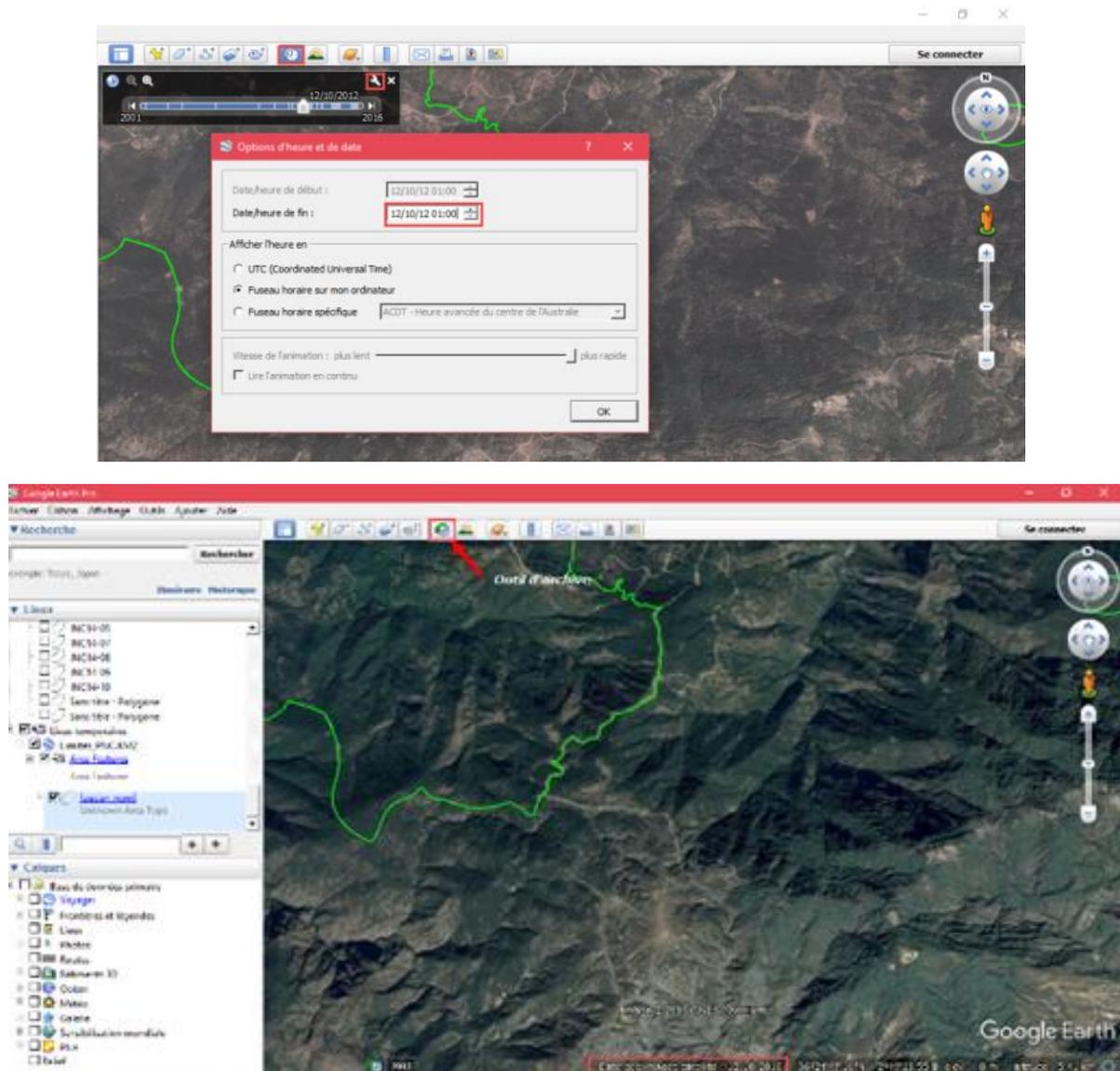


Figure 12 : Choix de la date et archivage de l'image à la date sélectionnée

6.2-Recherche et localisation des zones incendiées

La localisation des zones incendiées s'est faite par reconnaissance visuelle en parcourant progressivement les images sélectionnées.

Le déplacement du curseur s'effectue selon un mouvement aussi uniforme et rectiligne que possible dans le sens horizontal puis vertical de l'image, de façon à balayer l'ensemble du territoire concerné

Ce balayage est répété plusieurs fois afin d'assurer une couverture totale de la zone d'intérêt.

Les critères de cette reconnaissance visuelle sont principalement basés sur :

- La couleur : la couleur sombre (noire) due aux résidus charbonneux et aux cendres laissées par le passage du feu ;

- Les contrastes avec la végétation environnante restée intacte : ces contrastes sont établis en fonction de la couleur mais aussi de l'aspect morphologique de la formation observée qui nous permet de discerner une végétation intacte d'une végétation partiellement ou totalement consumée.

Cette reconnaissance visuelle comporte un certain risque de confusion avec des surfaces qui n'ont pas été réellement brûlées mais qui apparaissent comme telles en raison de l'ombre portée des reliefs ou celles provoquées par des nuages (erreur de commission).

Une attention particulière a été apportée à la configuration topographique des lieux, afin de minimiser ce risque.

Elle comporte également le risque de ne pas discriminer des terrains brûlés (erreur d'omission) pour plusieurs motifs : faible qualité de l'image, faible intensité de la combustion de la végétation qui lui confère un aspect semblable à la végétation non incendiée ou bien feux de surface masqués par la végétation épigée dont les cimes sont restées intactes.

Dès qu'une surface ou tâche de paysage est repérée comme ayant été incendiée selon les critères cités plus haut, un *zoom in* est effectué afin de mieux visualiser la tâche.

Ces tâches sont ensuite enregistrés par des points de repères Centroides (placés au centre de la tâche) pour qu'elles puissent être retrouvées facilement lors la réalisation des polygones. Cette action est réalisée par un outil spécial sur *Google Earth* (figure 13 et 14).

A noter que l'observation à ce niveau du processus se fait en général à partir d'une altitude de 5Km et moins, ce chiffre varie selon la superficie de la zone incendiée et la qualité de l'image satellitaire.

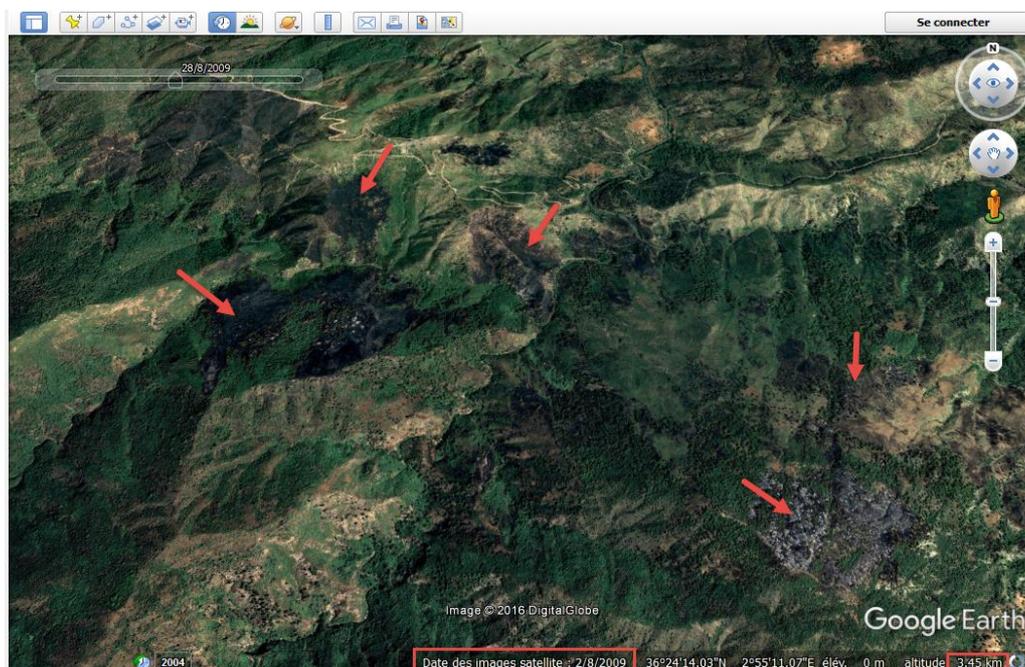


Figure 13 : Détection visuelle des zones incendiées à une altitude de 3.45 km
(Les zones brûlées sont désignées par des flèches rouges. Noter la couleur sombre des résidus charbonneux qui permet leur discrimination par rapport à la végétation environnante).

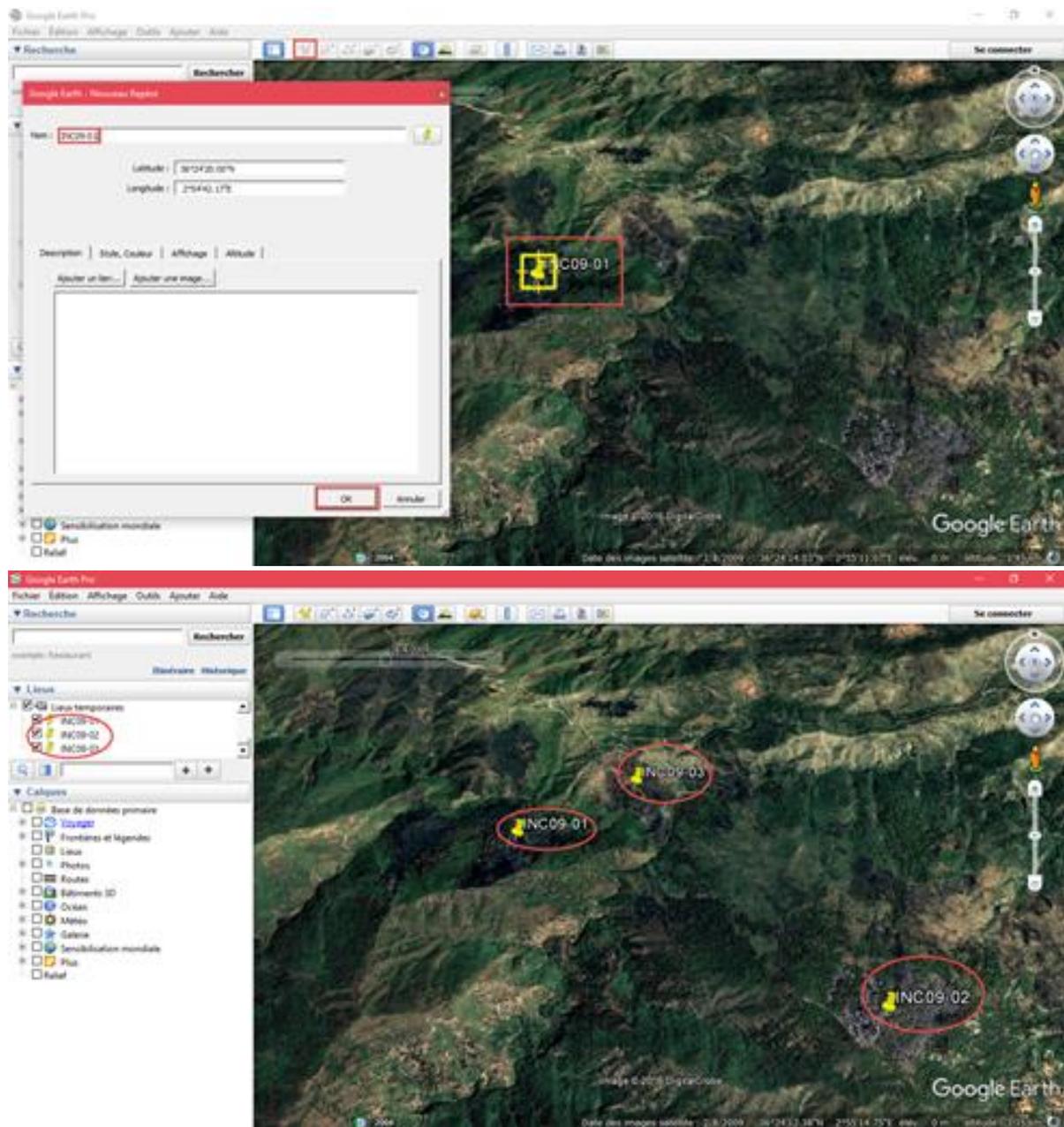


Figure 14: Repérage des incendies par la création des points de repère

6.3-Réalisation des polygones :

La réalisation des polygones représentant les tâches incendiées s'est faite à partir d'une hauteur de 700 une hauteur qui permet d'identifier l'ensemble de la zone sans perdre les détails des zones d'intérêt qui apparaissent par contraste, sauf dans le cas des zones de grandes superficies où il faut travailler sur une plus grande hauteur (figures 15 et 16).

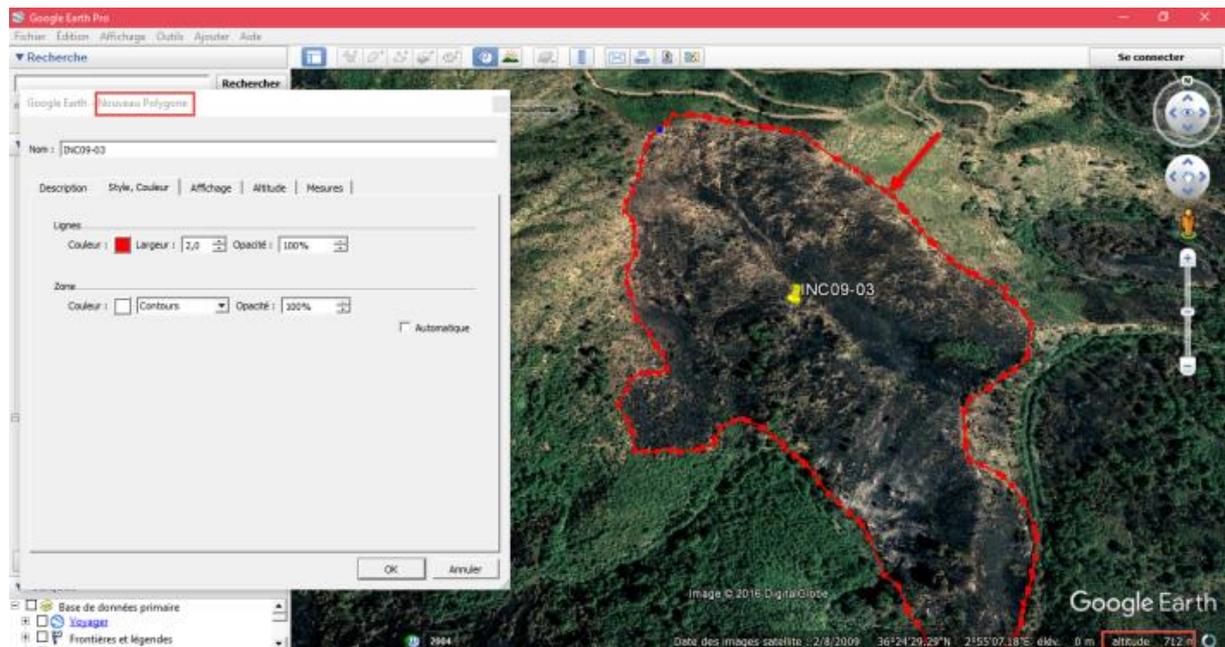


Figure 15: Création d'un polygone

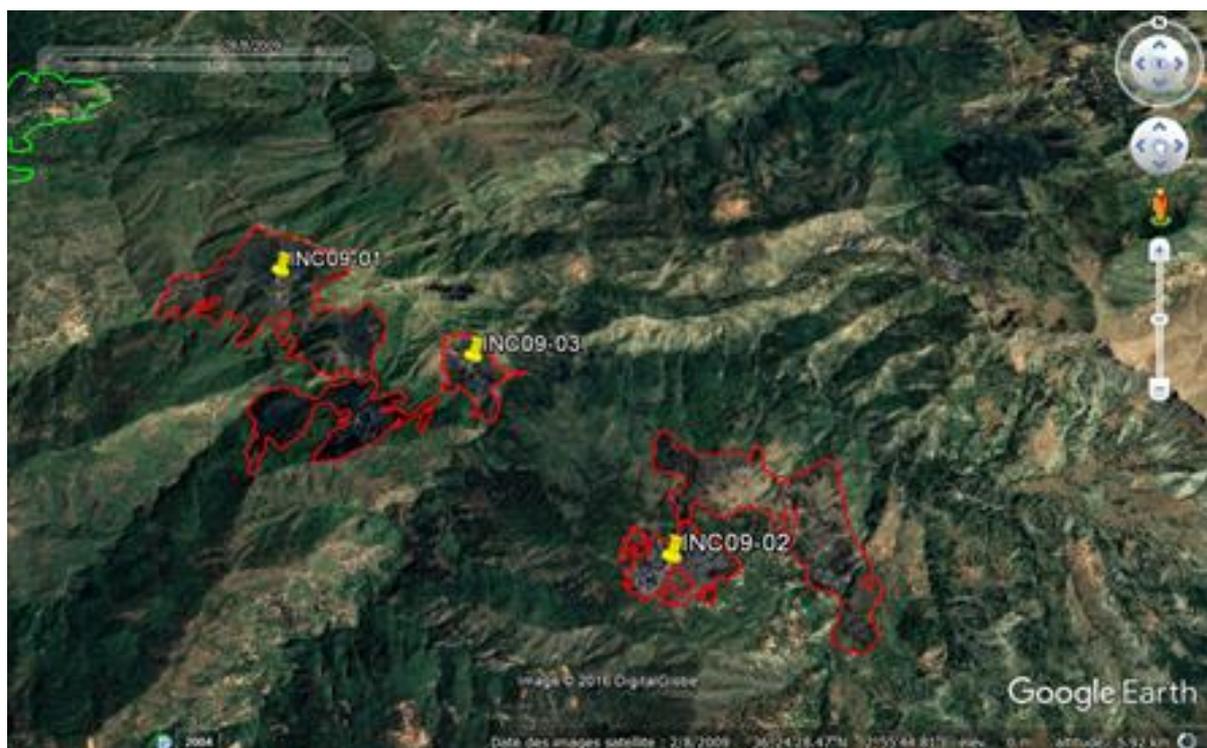


Figure 16: exemples de polygones réalisés

Après la réalisation des polygones pour chacune des années retenues dans cette étude, un tableau récapitulatif est réalisé, dans lequel sont consignées toutes les informations auxiliaires relatives à chacun des polygones délimités, telles que le périmètre, la superficie, l'altitude et la date de l'image satellitaire (tableau 3).

Tableau 3: Tableau récapitulatif des informations auxiliaires des polygones

Date Imag.Sat	N° Polygone	Périmètre (km)	Superficie (ha)	Latitude	Longitude	Altitude (m)
12/08/2012	01	2.25	9.88	36°28'59.20" N	2°56'46.43" E	1000- 930

6.4-Mise en forme des fichiers pour le traitement avec le logiciel SIG (*ArcGIS*)

Afin de rendre les images des polygones réalisés exploitables par le logiciel SIG utilisé dans ce travail, nous avons procédé comme suit :

- L'image de chaque polygone est enregistrée sous forme d'une carte par l'option 'Enregistrer l'image' de *Google Earth* ;
- Une fois achevée cette étape, nous avons procédé à la conversion des fichiers obtenus vers le format KMZ ou KML, utilisable par *ArcGIS*. Ces nouveaux fichiers sont appelés « fichiers forme » (en anglais *shape file*, et désigné par l'extension « .shp »). Cette conversion est réalisée moyennant le logiciel *Global Mapper*.

6.5-Exploitation des données par *ArcGIS*

Cette partie est réalisée en plusieurs étapes :

- Les fichiers formes sont insérés grâce à l'outil «ajout de données». Cette insertion permet de créer plusieurs couches d'informations. Chaque couche correspond à un fichier précis (figure17 et 18).

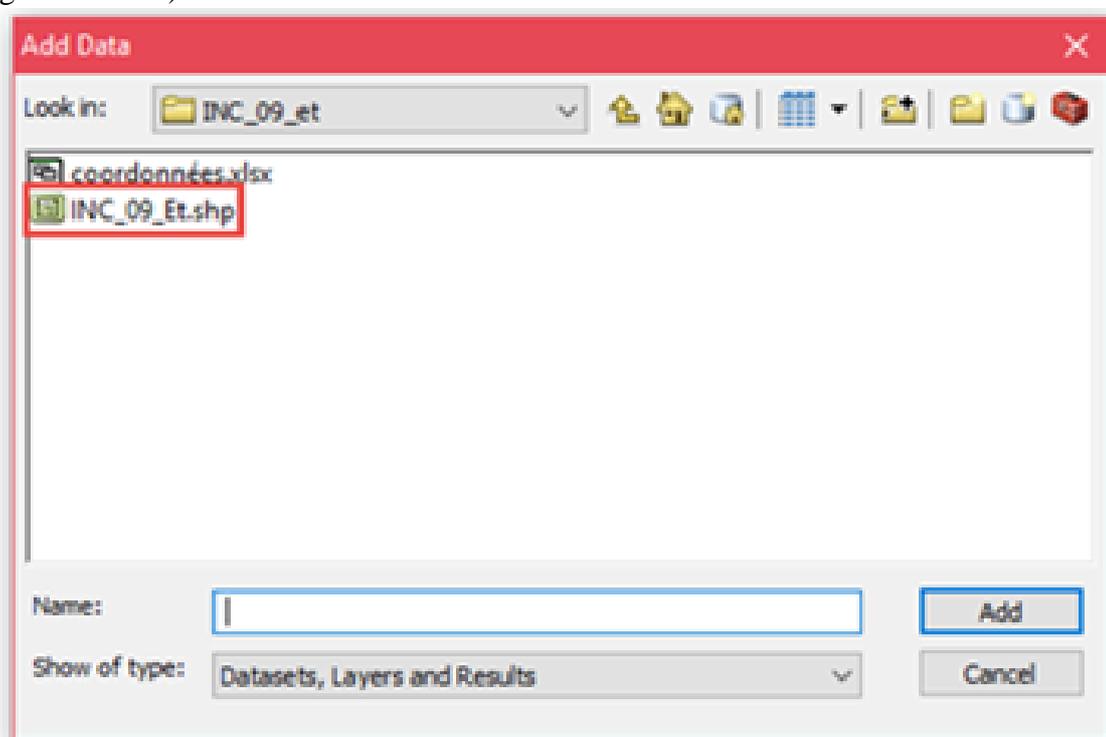


Figure 17 : Insertion des fichiers Shp.par l'outil « ajout de données »

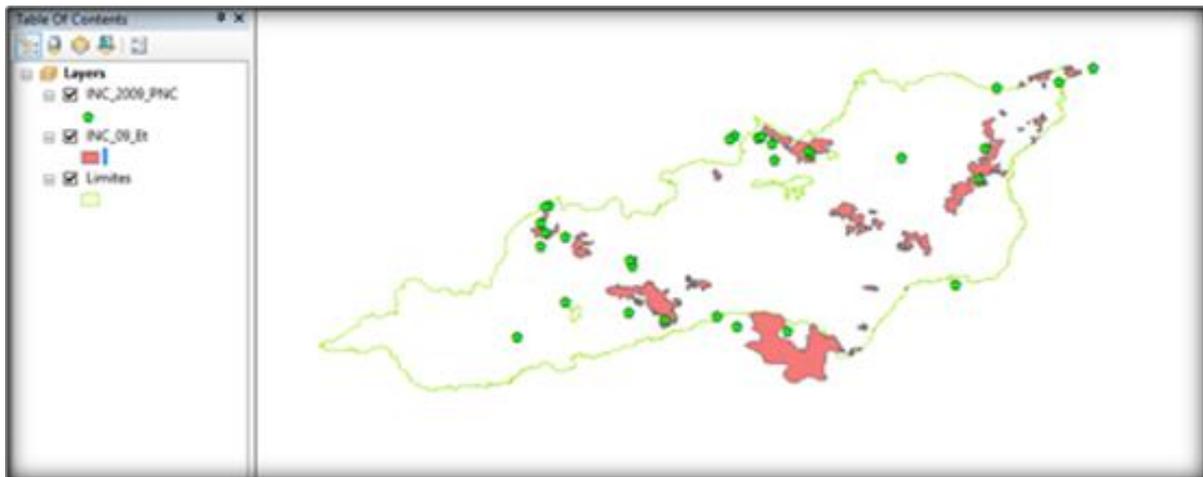


Figure 18 : Création de couches d'informations

- L'exploitation des données introduites se fait en fonction des objectifs recherchés par l'étude en utilisant les différentes fonctionnalités présentes dans le logiciel. A titre d'exemple, afin de visualiser une éventuelle correspondance entre deux sources de données différentes (celles fournies par le PNC et celles extraites à partir de *Google Earth*), nous avons utilisé l'option 'Intesect' du logiciel (figure 19 et 20).

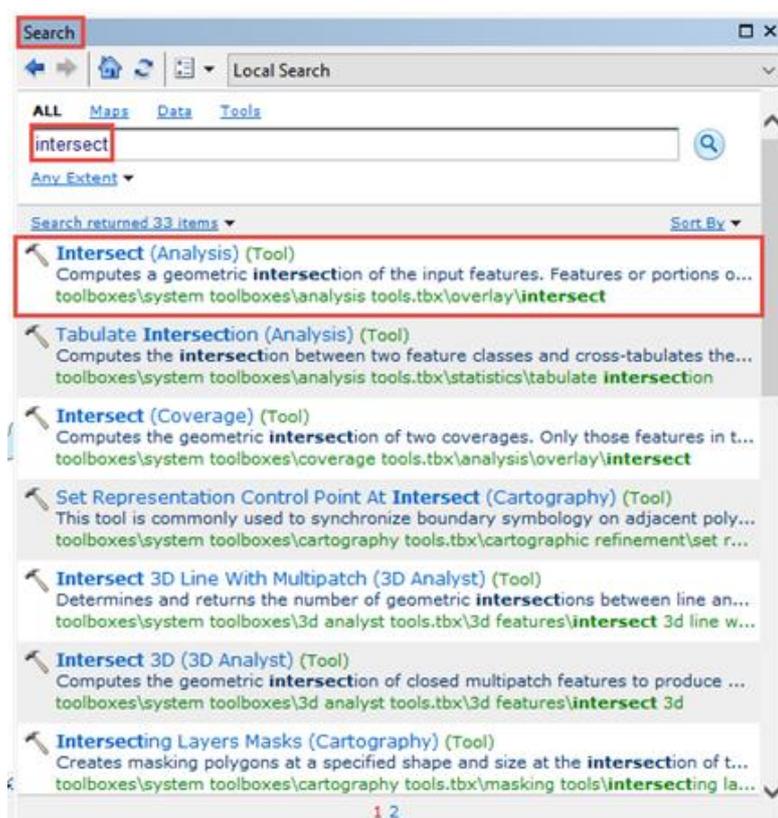


Figure 19 : Recherche d'outil *Intersect*

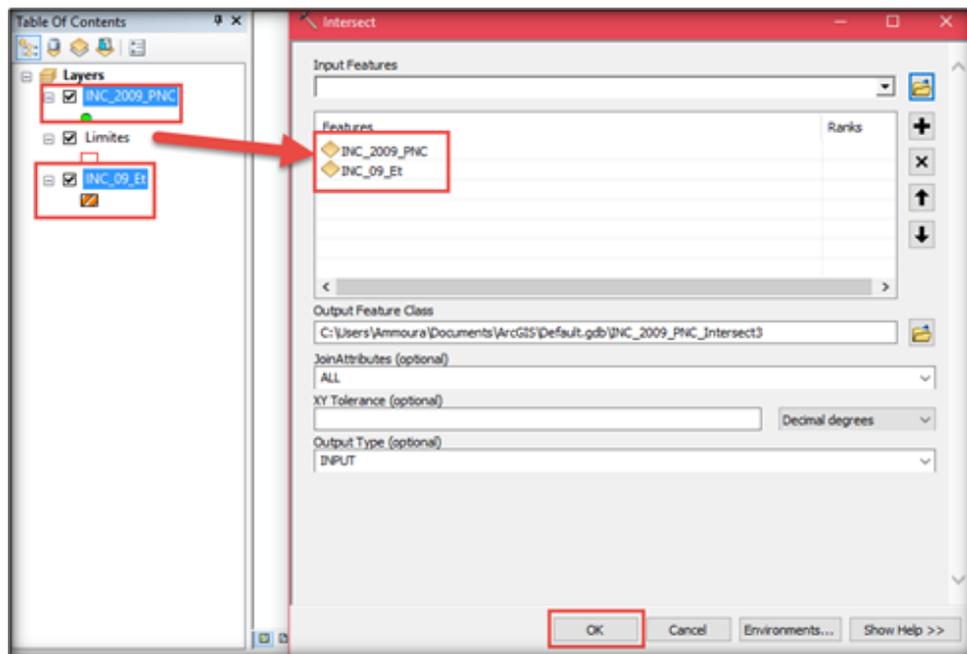


Figure 20 : Application de l’option ‘Intesect’ pour comparer deux couches d’informations

6.6-Mise en forme finale des cartes : Le résultat final de toutes les étapes suivies jusque-là, est une carte contenant les informations reconstituées conformément aux objectifs fixés, c’est-à-dire dans notre cas les surfaces incendiées matérialisées sous forme de polygones sur un fond cartographique représentant la zone d’étude (le PNC). L’édition finale de la carte se fait par l’ajout d’une légende et de tous les symboles explicatifs permettant une lecture adéquate et une interprétation optimale de la carte. (Figure 21)

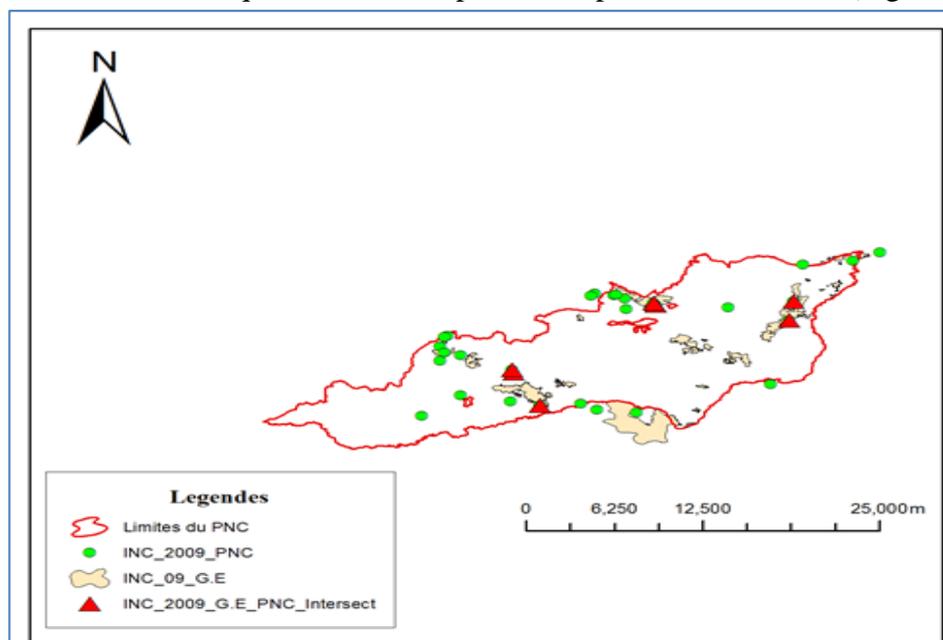


Figure 21: Mise en forme de la carte préminute .

Résultats

1. Analyse des superficies incendiées recensées à partir des images *Google Earth*

1.1-Année 2009

Pour l'année 2009, 27 impacts d'incendies ont été mis en évidence selon les critères d'identification des terrains incendiés décrits dans la partie méthodologie. (tableau 4).

Tableau 4: Tableau récapitulatif des polygones recensés à partir d'images Google Earth du 02/08/2009

N° Polygone	Périmètre (km)	Superficie (ha)	Latitude	Longitude	Altitude (m)
1	2.26	16.2	36°24'31.06 "N	2°55'9.02"E	616
2	12.9	121	36°24'56.98"N 36°24'20.94"N	2°54'9.66"E 2°54'42.19"E	650-1150
3	28.3	342	36°25'53.58"N	2°58'7.10"E	350-1000
4	21.3	301	36°24'50.50"N	2°53'49.64"E	500-900
5	4.50	22.9	36°29'7.79"N	3° 1'5.04"E	450-580
6	6.38	64.5	36°23'55.38"N	2°56'35.95"E	1000
7	4.49	20.1	36°23'48.46"N 36°23'47.46"N	2°56'7.67"E 2°55'54.89"E	800
8	5.64	28.2	36°29'0.62"N	3° 0'12.55	600-700
9	1.24	3.55	36°27'52.86"N	2°58'58.22"E	200-300
10	2.32	9.92	36°22'29.05"N	2°55'4.60"E	1150
11	2.47	6.36	36°22'5.72"N	2°48'43.25"E	400-800
12	2.93	16.4	36°23'18.48"N	2°47'41.75"E	925-1092
13	7.41	35.2	36°22'39.43"N	2°49'52.75"E	650-800
14	1.99	6.48	36°21'18.13"N	2°54'44.11"E	1000
15	0.18	0.13	36°21'14.23"N	2°55'0.68"E	1125
16	0.27	0.76	36°26'59.21"N	2°59'54.28"E	370
17	0.79	1.42	36°27'6.68"N	2°59'56.18"E	334-450
18	1.42	3.24	36°24'50.67"N	2°55'2.22"E	670-800
19	0.62	1.47	36°27'22.23"N	2°59'30.30"E	750
20	21	825	36°27'24.17"N	3° 0'7.90"E	1200-1400
21	0.31	0.44	36°27'35.45"N	2°59'46.05"E	625
22	0.27	0.28	36°27'9.27"N	3° 0'3.89"E	311
23	1.11	5	36°28'45.35"N	2°59'33.43"E	660-700
24	1.19	2.63	36°28'44.54"N	3°0'13.30"E	580-600
25	4.20	18.8	36°27'36.98"N	3° 0'4.94"E	400-500
26	0.47	0.5	36°22'29.39"N	2°56'2.82"E	1200
27	2.66	7.49	36°20'39.01"N	2°54'37.68"E	1400

Total	1860.97
--------------	----------------

Les terrains incendiés sont répartis sur 27 polygones qui couvrent une superficie totale de 1860.97 ha, ce qui représente 7% de la superficie totale du parc avec une moyenne de 69ha. Le plus grand polygone est d'une superficie de 825 ha, soit 44% de la superficie incendiée totale, alors que les plus petits sont d'une superficie de moins d'un hectare situés dans de différentes zones

Du point de vue altitudinal, les zones incendiées les plus hautes sont situées à 1400 m, alors que les plus basses sont à 200 m.

La carte suivante montre les sites ayant brûlé en 2009 selon *google earth* (Figure 25)

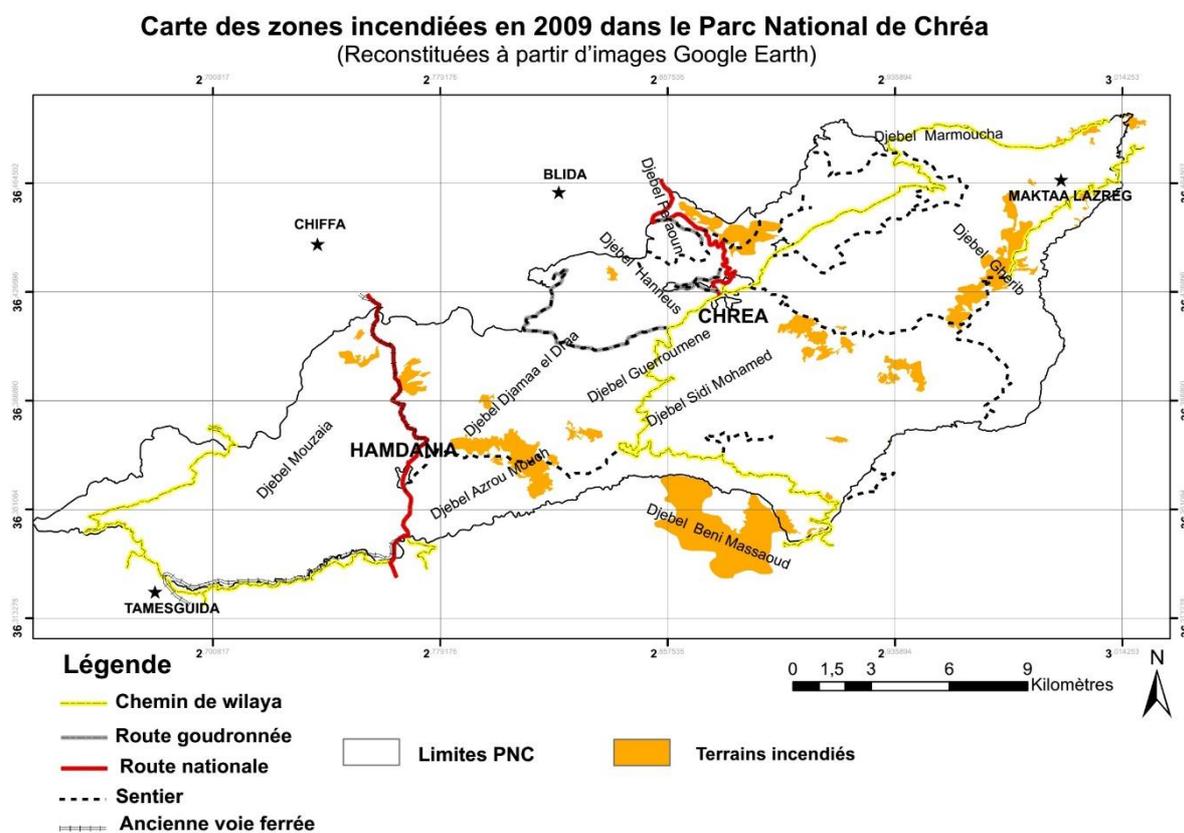


Figure 22 : Carte des sites ayant brûlé en 2009 à partir de *Google Earth*

1.2- L'année 2012

Pour l'année 2012, 20 impacts potentiels ont été mis en évidence (tableau 8)

Tableau 8 : Tableau récapitulatif des polygones recensés à partir d'images Google Earth du 12/08/2012, du 15/08/2012 et du 25/10/2012

N° Polygone	Périmètre (km)	Superficie (ha)	Latitude	Longitude	Altitude (m)
01	2.25	9.88	36°28'59.20"N	2°56'46.43"E	930-1000
02	0.6	1.43	36°26'38.05"N	2°59'18.67"E	430
03	2.24	4.24	36°26'45.04"N	2°59'26.88"E	375-475
04	23.3	321	36°22'24.43"N	2°41'38.46"E	900-1300
05	4.29	51.9	36°28'3.18"N	2°59'58.78"E	200-500
06	7.60	98.5	36°28'43.34"N	2°57'2.86"E	900-100
07	1.24	3.0	36°28'46.32"N	3° 0'6.81"E	600-650
08	1.43	5.22	36°28'14.51"N	2°56'42.96"E	1000
09	9.79	109	36°27'11.11"N	2°59'29.74"E	360-800
10	0.84	2.61	36°26'48.15"N	2°59'0.36"E	650-700
11	23.3	524	36°24'2.41"N	2°58'28.19"E	500-1200
12	7.70	123	36°26'3.80"N	2°58'55.55"E	500-800
13	65.5	4729	36°20'59.81"N	2°50'12.47"E	500-1400
14	31	720	36°23'56.86"N	2°52'17.92"E	500-1300
15	30	716	36°23'39.17"N	2°55'11.24"E	700-1000
16	4.1	21.4	36°23'15.19"N	2°57'16.59"E	1000-1300
17	4.23	28.1	36°29'0.93"N	2°54'38.88"E	600-700
18	0.84	1.61	36°27'39.57"N	3° 0'16.36"E	375-475
19	1.89	5.45	36°27'22.69"N	3° 0'5.14"E	300-500
20	0.93	3.18	36°25'40.05"N	2°58'53.79"E	645-700
Total		7478.52			

Les terrains incendiés sont répartis sur 20 polygones qui couvrent une superficie totale de 7478.52 ha, ce qui représente 28% de la superficie totale du parc.

Le plus grand polygone est d'une superficie de 4729 ha, qui représente 63% de la superficie incendiée totale, alors que le plus petit est d'une superficie de 1.43 ha.

La superficie moyenne incendiée pour cette année est de 374 ha

Les zones incendiées les plus hautes sont d'une altitude de 1400 m, alors que les plus basses sont de 100 m

Pour cette année, les photos archives sont de différentes dates :

Le 12/08/2012 et le 15/08/2012 qui marquent, chacun d'eux pour 6 polygones avec une superficie totale de 196.6 ha pour la première et 3835.5 ha pour la deuxième

Le 25/10/2012 qui marque pour 08 polygones d'une superficie totale de 765.89 ha

La carte suivante, montre les sites ayant brûlé en 2012 selon *Google Earth* (Figure 23)

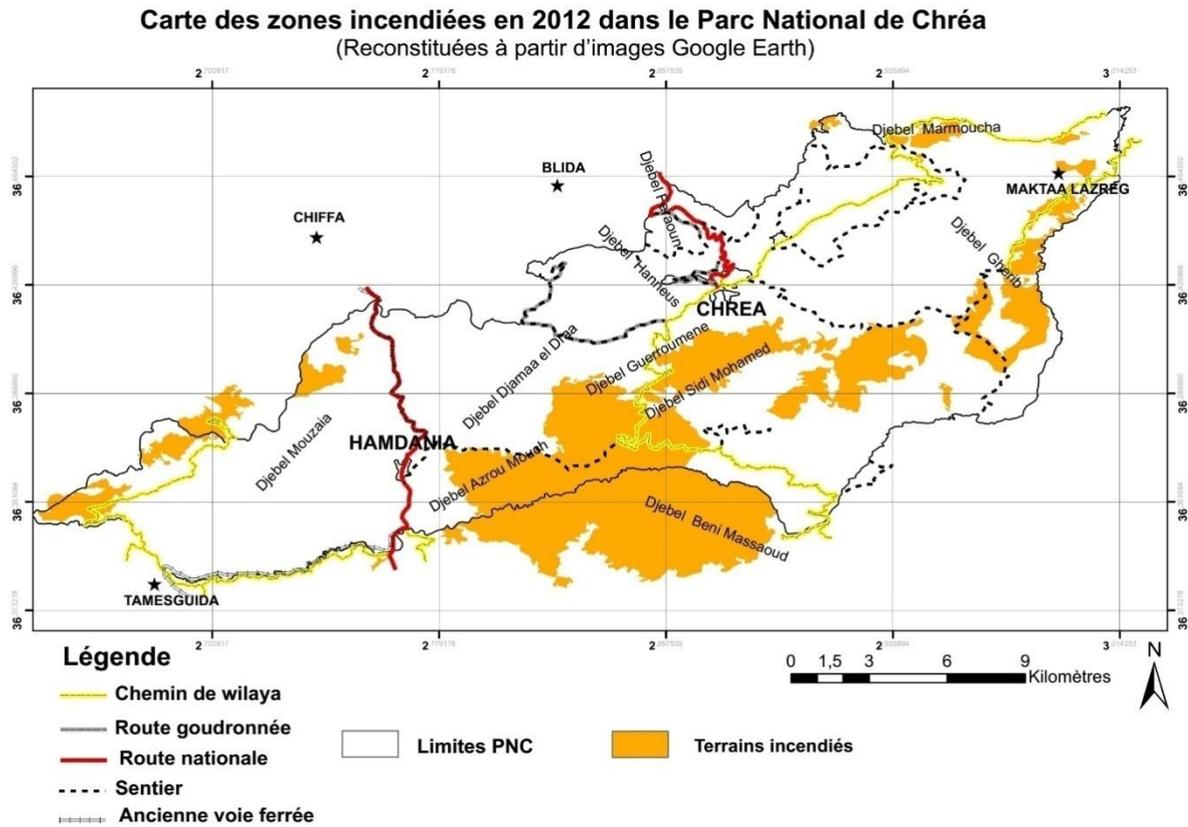


Figure 23 : Carte des sites ayant brûlé en 2012 à partir de *Google Earth*

1.3-Intersections entre 2009 et 2012

La carte ci-dessous, montre les zones d'intersections des régions incendiées extraites à partir des images satellitaires de G.E pour les deux ans d'études (Figure 24)

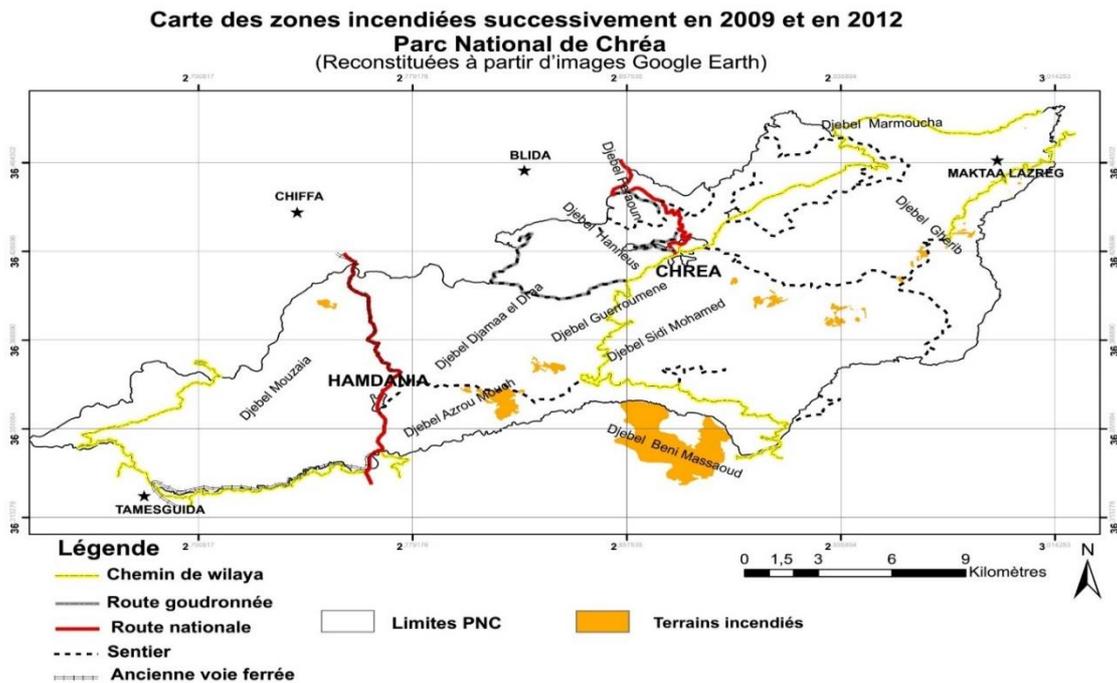


Figure 24: Carte des sites ayant brûlé en 2009 et en 2012 à partir de *Google Earth*

La superficie totale d'intersection est de 1032 ha, dont 736 ha est située hors du PNC dans Djbel Beni Massoud. La grande superficie incendiée dans cette zone peut être expliquée par son isolement et son inaccessibilité à cause de sa position géographique et de son relief, par contre, le sens de propagation du feu reste inconnu ainsi que son foyer.

Ce qui fait que la superficie commune des zones incendiées dans le PNC est d'environ 300 ha. Cette valeur peut être en dessous de la réalité, car pour l'année 2012, nous n'avons pas pu couvrir toute la saison estivale par manque de données.

Les intersections entre les différentes années nous informent sur le temps de rotation entre deux incendies, ce genre d'informations est intéressant dans la mesure où il permet d'évaluer la fréquence du risque et de rechercher les causes probables des mises à feu.

Dans notre cas, compte tenu des années prises en considération (2009, 2012), nous pouvons considérer que le délai de retour sur un même terrain a été très court (3 années), ce qui nous amène à déduire que dans les régions concernées, le risque est très fréquent et que les conséquences sur les écosystèmes pourraient être préjudiciables pour l'intégrité écologique de ces derniers. En effet, une fréquence très élevée ne permet pas à la végétation de récupérer et expose les terrains à des risques d'érosion très élevés.

2. Analyse des données statistiques des incendies survenus au PNC

Le tableau suivant montre les nombres de foyers et les surfaces brûlées selon les informations fournies par la DGF (Tableau 6)

Tableau 6: Les surfaces incendiées dans le PNC selon la DGF

Année	Nombre de Foyers			TOTAL	Superficie brûlée(ha)			TOTAL
	Chrèa	Hamdania	HammamMelouane		Chrèa	Hamdania	Hammam Melouane	
2009	3	14	6	23	2.1	42.9	40	85
2012	25	22	8	55	129.4	725.97	63	918.37

Source : PNC, 2017

Le nombre de foyers pour 2009 est de 23 dont 60% d'eux avaient eu lieu dans la région d'El Hamdania, la superficie incendiée est de 85ha.

Pour l'année 2012, on remarque une augmentation dans le nombre de foyers qui est 55 foyers, avec une superficie totale de 918.37 ha. La région d'El Hamdania est toujours en tête avec 40% des foyers.

3 .Comparaison des résultats obtenus à partir des deux sources de données (G.E et DGF)

3.1. Analyse comparative des superficies

La figure suivante (Figure 25) montre une comparaison des surfaces incendiées selon les deux sources de données et pour les années considérées.

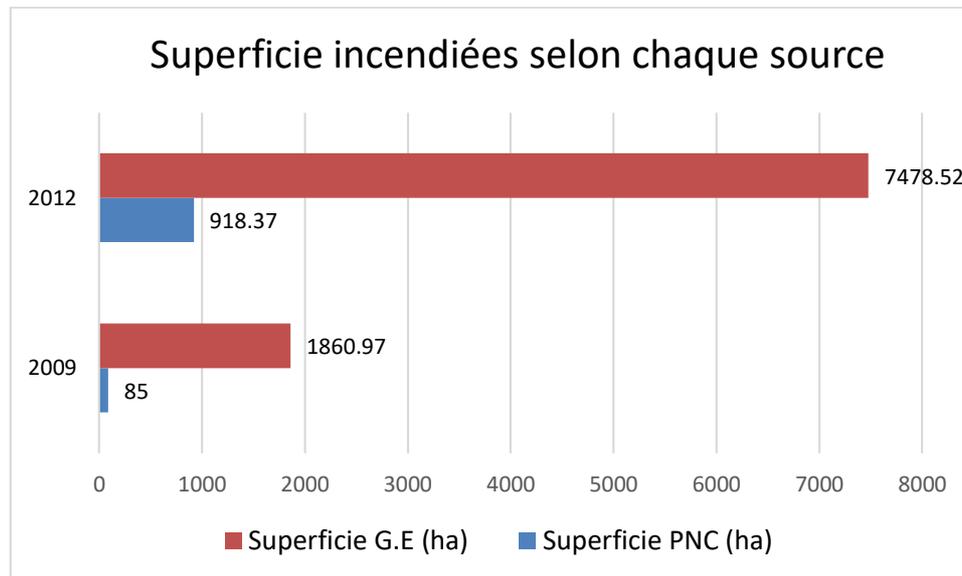


Figure 25 : Superficie incendiées selon chaque source pour l'année 2009 et 2012

La comparaison des superficies des deux sources révèle des différences importantes dans l'estimation des surfaces incendiées.

Concernant les données statistiques fournies par la DGF, les différences peuvent être expliquées par plusieurs raisons :

- L'estimation des surfaces brûlées n'est réalisée qu'après la maîtrise totale de l'incendie (extinction totale), dans certains cas plusieurs jours voire plusieurs semaines après. Les données communiquées régulièrement sont par conséquent basées sur une évaluation sommaire et approximative d'où des marges d'erreurs plus ou moins importantes.
- Certains terrains incendiés se trouvent dans des régions inaccessibles aux équipes de lutte qui sont également chargées de l'estimation des dégâts, la mesure des superficies se fait de manière indirecte sur un support cartographique (cartes topographiques à moyenne échelle) et donne lieu à des imprécisions plus ou moins importantes.
- L'absence ou la non maîtrise d'outils de planimétrie de précision tels que le GPS et la digitalisation en temps réel des limites de l'incendie rend également ces estimations entachées d'erreurs

Par ailleurs, il faut également considérer d'un œil critique les valeurs que nous avons trouvées suite à l'exploitation des images G.E. Les résultats trouvés ne peuvent être considérés fiables à 100 % notamment pour les raisons suivantes :

- Les images satellitaires sont une synthèse de plusieurs photos ce qui empêche l'identification des zones récemment incendiées de celles qui sont des traces des incendies plus anciens :

- Dans certains cas, les images satellitaires permettant de couvrir la totalité du PNC sont de différentes dates, ce qui influe négativement sur l'homogénéité des données :
- On ne trouve pas toujours les images dont les dates correspondent à la période que nous recherchons, certaines sont anciennes et ne sont pas exploitables ;
- La qualité d'images satellitaires varie d'une zone à une autre et elle n'est toujours de bonne résolution ce qui rend plus difficile de différencier entre les traces des incendies et l'ombres des nuages le jour où la photo est prise.

Toutes ces remarques soulèvent le problème plus général de la production de données fiables aussi précises que possible quelle que soit la source utilisée et que tous les outils ont leurs propres avantages et limites.

3.2. Analyse comparative spatiale des terrains incendiés

Dans ce qui a précédé nous avons comparé les données chiffrées des surfaces incendiées, dans ce qui suit la comparaison se fera sous forme cartographique. L'utilisation de l'outil «*Intersect*» du logiciel, permettant de croiser des informations spatiales différentes, a mené à la réalisation de deux cartes qui synthétisent les données satellitaires (GE) et celles de la DGF.

Ces deux cartes montrent les régions où il y a eu des chevauchements entre les terrains incendiés extraits des deux sources de données, qu'on appellera : points d'intersection, et ce pour chaque année considérée (2009 et 2012) (Figure 29 et 30).

Il est important de préciser que la nature des données croisées est différente. Pour les données DGF, seuls les points matérialisant les foyers recensés sont disponibles, en revanche les données GE sont représentées par des polygones.

3.2.1. Les intersections des zones incendiées en 2009

La carte ci-dessus montre les intersections des zones incendiées en 2009 entre les données de G.E et les données du PNC (Figure 26)

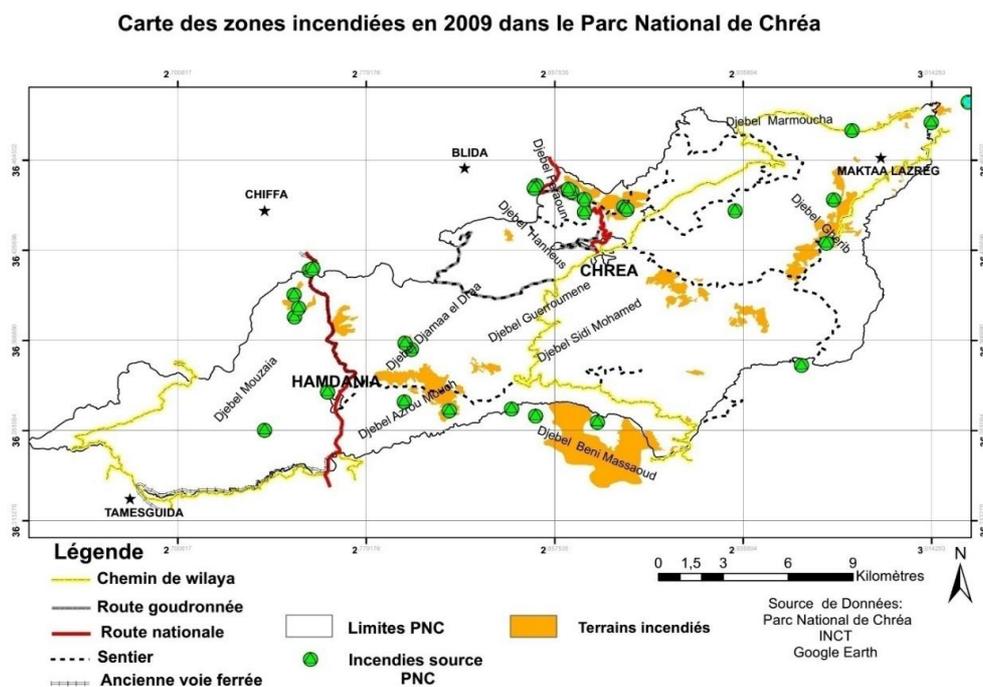


Figure 26 : Carte de croisement des données de la DGF et de G.E, Année 2009

Les intersections entre les zones incendiées sont bien marquées dans les différentes régions du PNC

A El Hamdania : deux intersections sont visibles : dans Djbel AzrouMouch et Djbel Larousse, dont les superficies ont été respectivement estimées à 336.2 ha et 111.23 ha.

A Chréa, l'intersection se situe à Djbel Feraoun, à côté de la route nationale avec une superficie de 203ha.

Pour la région de Maktaa Lazreg, l'intersection avait lieu dans Djbel Gherib, avec une superficie de 342ha.

Enfin, On trouve aussi une intersection hors du PNC ,dans Djbel Beni Messoud, avec une superficie de 792.6ha .

3.2.2. Les intersections des zones incendiées en 2012

La carte ci-dessus montre les intersections des zones incendiées en 2012 entre les données de G.E et les données du PNC. (Figure 27)

Carte des zones incendiées en 2012 dans le Parc National de Chréa

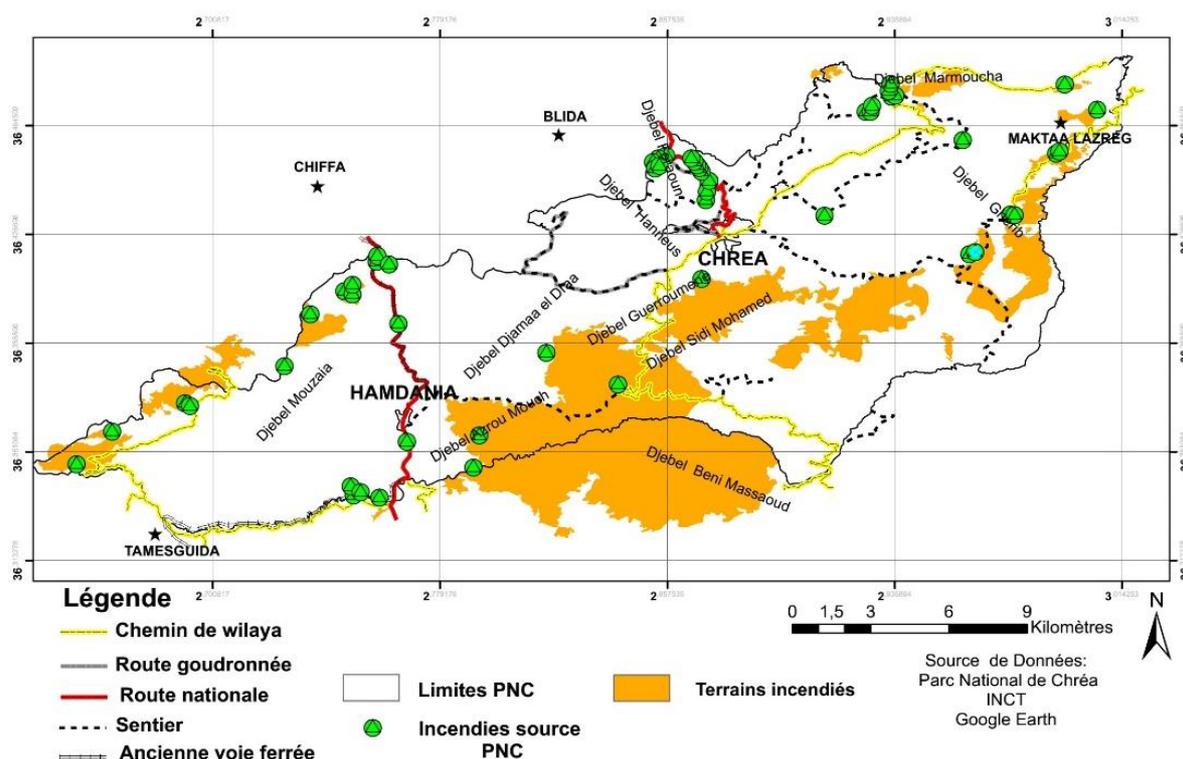


Figure 27: Carte de croisement des données de la DGF et de G.E, Année 2012

Comme pour l'année 2009, les intersections en 2012 ont eu lieu dans différentes régions du PNC

Dans la région de Hamdania , on remarque environ 4 intersections : Djbelbork , Djbel Larousse et DjbelMozaia avec une superficie totale de 321 ha ,dont 198 ha sont hors du PNC

DjbelAzrouMouch ,Djbel Beni Massoud et Djbel Sidi Mohamed avec une superficie de 4733 ha,dont 2700 ha est hors le PNC pour les deux premières montagnes,et 721 ha pour la deuxième

Pour la région de MaktaaLazreg , les concordances sont bien marquées pour 4 points :

- ❖ Djbel Ghrib, avec une superficie incendiée de 527 ha d'après G.E
 - ❖ DjbelMarmoucha, un ensemble de superficie égale à 126.8 ha ; selon les images satellitaires de G.E
- Aucune concordance n'est marquée pour la région de Chréa

La carte suivante, montre les zones incendiées marquées par les images satellitaires de G.E et les points marqués extraits du PNC

On remarque ; que les zones qui se situent au bord des routes nationales sont les plus touchées par les feux d'une façon fréquente et répétées ce qui nous laisse croire que les causes anthropiques sont majeures

3.2.3.Les intersections des zones incendiées en 2009 et 2012

D'après les deux cartes précédentes (Figures 31 et 32), nous remarquons que le nombre d'intersections est plus élevé que celui mis en évidence par la figure (G.E) réalisée à partir des données G.E uniquement et que des intersections absentes dans cette figure ont été mises en évidence par les données fournies par le PNC.

A titre d'exemple, nous pouvons citer le cas de Djebel Feraoun où l'on constate une absence totale d'intersection dans la figure (G.E) alors que celle-ci est bien visible dans la figure (G.E+PNC)

En revenant à la date des images synthèse de cette région, on trouve qu'elle est datée du 15/08/2012 avec une forêt intacte, mais d'après le rapport établi par le PNC, on trouve que la zone a été marquée comme incendiée avec une superficie de 84.1 ha, et 13/25 des incendies marqués pour cette région (soit 65% des incendies de région pour cette année) avaient eu lieu après le 15/08/2012 .

Donc, l'absence d'intersection dans cette région est due à l'absence de données fournies par G.E qui ne met pas à la disposition des utilisateurs de mises à jour régulières. Ces lacunes sont particulièrement critiques durant le mois considéré (août) qui enregistre généralement un grand nombre de départs de feux.

Dans ce cas précis, les données fournies par le PNC ont permis de combler ces lacunes et de montrer que les terrains incendiés communs aux deux années sont plus importants que ceux estimés à partir d'une seule source d'information, en l'occurrence *Google Earth*. D'où l'intérêt d'utiliser plusieurs sources de données afin de recouper et compléter l'information et de reconstituer des données les plus proches possibles de la réalité.

4. Analyse critique des résultats :

Le tableau ci-dessous résume les conditions de travail de chaque source et la différence entre elles (Tableau 11)

Tableau 11 : Comparaison des conditions de travail de chaque source

PNC	Images satellitaires de <i>Google Earth</i>
Points de repères des zones incendiées	Des polygones qui précisent les limites des zones incendiées
Nombre élevées de points pour chaque zone	Nombre de polygone limité (un polygone englobe plusieurs points de repères signalés par le PNC)
Superficie estimée approximativement après extinction totale des incendies	Superficie précise avec un risque de confondre des traces d'incendies plus anciennes avec celles plus récentes
Dates et heure précises pour chaque incendie	Image finale qui est une synthèse de plusieurs photos empêche la connaissance de la date exacte des incendies

Les Limites du travail

- Les images satellitaires ne sont pas mises à jours de façon régulière ;
- Les images satellitaires ne sont pas toujours homogènes (certaines sont de bonne qualité, d'autres moins) ;
- Confusion possible entre les zones incendiées et l'ombre des nuages ;
- Les images satellitaires doivent être d'une très bonne résolution pour différencier entre les zones récemment incendiées et les traces d'incendies anciens ;
- Le faible débit d'internet aussi que des problèmes fréquents de connexion ont entravé le déroulement du travail.

5. Discussion générale

La spatialisation des terrains incendiés, permet de les visualiser au sein de leur environnement immédiat et les uns par rapport aux autres. Elle permet, également, d'avoir une vision synoptique du phénomène (où se concentrent les incendies, quelles formes ils ont, etc.) et d'apporter les éléments d'analyse pertinents susceptibles d'améliorer notre compréhension du phénomène et donc de mieux planifier les actions de lutte ou de prévention.

Le présent travail a permis de réaliser cette étape cruciale qui est la production d'une information spatiale sur un support cartographique et ouvre ainsi la voie à des possibilités d'exploitation et de traitement non négligeables en utilisant d'autres outils.

En effet, et à titre d'exemple, une analyse approfondie des formes des polygones à travers des indices paysagers (ex : ceux utilisés en Ecologie du paysage), apporte des informations

précieuses en matière du déroulement de la combustion (position du front de flamme, vents dominants, sens de la progression, ...) ou ce qu'on englobe sous le terme de « comportement du feu ».

Pour rappel, les indices paysagers peuvent décrire à la fois la forme d'unités paysagères (indices dits « géométriques ») mais aussi l'agencement dans l'espace de ces unités entre elles (indices dits « topologiques ») (Dominik, 2011).

Une analyse ultérieure utilisant ces méthodes, est désormais envisageable à partir des supports cartographiques produits.

De même qu'un effort supplémentaire en matière de fiabilité des données est également préconisé.

Il faut également préciser que ce travail a permis, outre la représentation spatiale d'un phénomène critique, de contribuer à enrichir le corpus de données présents au niveau du PNC par toutes les informations auxiliaires stockées sous forme de base de données SIG.

Conclusion

Le Parc National de Chr a constitue un espace de grand intérêt écologique et touristique riche en écosystèmes forestiers et recélant une grande biodiversité d'intérêt national et mondial. Malheureusement ces écosystèmes sont souvent victimes d'incendies qui provoquent

leur dégradation. De ce fait, ils 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 du SIG pour l'analyse spatiale à posteriori des incendies qui se sont produits dans cette région durant les deux années '2009 et 2012'.

Le travail a fait intervenir deux logiciels principaux : *Google Earth* pour l'obtention des images satellitaires et l'*ArcGis* pour leurs traitement ainsi que des données fournies par le PNC, afin de créer des cartes et de les analyser.

Les cartes nous ont aid es à montrer les différentes zones touchées fréquemment par les incendies ainsi que les différences entre les données satellitaires et celles du PNC

Le processus de comparaison des deux sources d'information a permis de mettre en lumière deux problèmes majeurs :

- Le premier concerne la disponibilité d'une information spatiale sous forme de support cartographique en ce qui concerne les terrains incendiés. Le présent travail nous a permis de répondre à cette préoccupation en proposant une démarche basée sur l'exploitation de données fournies par un outil largement utilisé et libre d'accès.
- Le second concerne la précision et la fiabilité de l'estimation des superficies incendiées. Des différences importantes sont apparues entre les deux sources de données comparées, nous avons apporté des éléments d'analyse pour expliquer les raisons de ces imprécisions.

Toutefois, la précision des cartes élaborées dépend de la précision des données de bases, telles que la superficie incendiées et sa localisation. Il serait souhaitable de refaire le même travail avec des données statistiques plus fournies et des images satellitaires plus fiables.

Pour conclure, Il est nécessaire de prendre en considération l'importance de la contribution de l'imagerie satellitaire dans l'estimation des surfaces incendiées au niveau national, ce qui permettra d'opter pour des recherches plus approfondis dans l'étude des incendies. Il est aussi important d'utiliser le SIG à grande échelle dans les différents services administratifs des parcs nationaux sans oublier de mettre à la disposition du personnel chargé de la gestion des incendies des outils améliorés.

Perspectives et recommandations

- **Opter pour des recherches plus approfondis dans l'étude des incendies** : c'est primordial d'utiliser le SIG pour estimer le risque des incendies afin de limiter les dégâts
- **Donner plus d'importance à l'utilisation du SIG dans les différents services administratifs des parcs nationaux** : On peut créer des départements ou des équipes spécialisées dans ce domaine.

- **Mettre à la disposition du personnel chargé de la gestion des incendies des outils améliorés** : mettre à la disposition des personnes concernées des logiciels plus développés sur les outils SIG et télédétection et l'organisation de formations régulières à leur profit pour renforcer leurs capacités.
- **Intégrer et valoriser l'imagerie satellitaire algérienne dans l'estimation des surfaces incendiées au niveau national et local**: il est important de préciser que depuis la mise en service des satellites algériens (Alsat 1 et 2), l'estimation des superficies incendiées a connu des améliorations qualitatives importantes et cette mission est prise en charge conjointement par les deux organismes concernés, à savoir : la DGF et l'ASAL (Agence spatiale Algérienne) et ce depuis plusieurs années, suite à la signature d'une convention entre les deux partenaires. De ce fait, les deux organismes fournissent, chaque année, après concertation les bilans définitifs des incendies ayant eu lieu sur l'ensemble du territoire national. A ce sujet, il serait très judicieux de généraliser cette technologie à l'échelle locale (PNC) à travers des études approfondies utilisant les images Alsat.

Références bibliographiques

Les références bibliographiques

1. **ANONYME., 2010** : Plan de gestion III. période quinquennale 2010 – 2014. Parc national de Chréa. 60 p.
2. **ANONYME 2, 2017** : (<https://www.digitaltrends.com> › Photography consulté le 15.05.2017
3. **ANONYME, 2017** : Wikipédia. Date de consultation: 05 Février 2017 .
4. **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 ».
5. **BAGNOULS F et GAUSSEN H., 1953.** – Saison sèche et indice xérothermique. Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse, 88, 193-239.
6. **BRAKCHI L., 1998** : Contribution à l'étude phytoécologique et phytosociologique des groupements à pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill) dans le secteur algérois. Thèse. Mag. Univ. Sci. Technol. H. Boumediene, Alger, 204 p + ann.
7. **CEMAGREF .,1989** : Le guide technique du forestier méditerranéen français , chapitre IV : protection des forêts contre les incendies . Division technique forestière , Aix-en-Provens (France).
8. **CEMAGREF, 2006** : Forest Focus . Info DFCI, Bulletin du centre de documentation . Forêt méditerranéenne et incendie . CEMAGREF, 57, 1-3 .
9. **COLIN, P.Y ., JAPPIOT, M ., MARIEL, A ., LAMPIN , C., & 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.
10. **DENEGRE,J et SALGE F. ,1996** : Les systèmes d'information géographique, PUF ; Coll. *Que sais-je* , 128p
11. **DENNIS , R., MEIJAARD, E.,APPLEGATE ,G., NASI R.,& MOORE P., 2001**: Impact of human-caused fires on biodiversity and ecosystem functioning ,and their caused In tropical , temperate and boreal forest biomes .CDB Technical Series n°5.Convention sur la diversité biologique . Montréal, Canada.
12. **DESHAYES,M et CHERY,J-P , 2000** : SIG, définitions et contraintes de mise en place. *Forêt Méditerranéenne*. Vol. 19 N°1 , p.67-69
13. **DGF (2000)** : Evaluation des ressources forestières nationales. 39p.
14. **DGF(2013)** : Bilan des incendies de forêt en Algérie(1963-2013)
15. **DIDIER P., (1999)** : Manuel de cartographie In *La carte, moyen d'action*, pp 6-17, ELLIPSES. France
16. **DOMINIK C., 2011** : Influence des structures spatiales sur la distribution des oiseaux terrestres dans un paysage fragmenté : cas des marais salants de Guérande. Mémoire de recherche présenté à l'Université de La Réunion en vue de l'obtention du diplôme de Master 2ème année mention Sciences du Vivant spécialité Biodiversité et ÉcoSystèmes Tropicaux. 61 p.
17. **DUCHAUFOR P** : 1960.- Précis de pédologie, ed Masson et C^{ie} .
18. **EMBERGER L., 1955** : Une classification biogéographique des climats. Rev. Trav. Labo. Bot. Géol. Zool. Sci., Montpellier, 7 :1-43.
19. **FAO, 2010** : *Global Forest Resources Assessment 2010 – Main report*. FAO Forestry Papers 163 . 340 p.

Références bibliographiques

20. **Forest Outlook Study for Africa (FOSA), 2001** : l'étude prospective du secteur forestier en Afrique, Algérie, 60 p.
21. **GACEMI, M.A., TICHOUTI, K., BOUMESSAOUD, A., & ARBADI R. (2017)** : L'imagerie Alsat pour la prévention et la gestion des risques d'incendies de forêts. Atelier National ALSAT-utilisateurs, 05-06 avril 2017, CTS Oran
22. **HALIMI A., 1980** : L'Atlas Blidéen : climats et étages végétaux. O.P.O., éd., Alger, 523p.
23. **JAPPIOT, M. (2000)** : Applications développées dans différents thèmes concernant la forêt méditerranéenne. *Forêt Méditerranéenne*. Vol. 19 N°1 , p.99-102
24. **KHALID, F., 2008** : Contribution à l'élaboration d'un plan de prévention des risques incendies de forêts , cas de la commune de Tlemcen (Nord-Ouest d'Algérie) . Mém . Mag. Univ. Abou Bekr Belkaid –Tlemcen. 162 p + annexes.
25. **LACOSTE A, SALANON R., 2000** : Eléments de biogéographie et d'écologie ,46p.
26. **Le ROBERT ILLUSTRE, 2012, 3000p** .
27. **LOPEZ .F et al., 1996** : Erosion, désertification et aménagement et aménagement du territoire dans les milieux semi-aride de la méditerranées, univ Murcie (Espagne). p 213-232.
28. **M.E.D.D., 2002** : Les feux de forêt .Dossier d'information , France , 20 p .
29. **MADOUI A., 2002** : Les incendies de forêt en Algérie. Historique, bilan et analyse . *La Forêt Méditerranéenne t. Vol 23, n° 1, pp 23-30.*
30. **MARGERIT , J .,1998** : Modélisation et simulations numériques de la propagation de feux de forêts. Thèse , Doctorat . Inst .National polytechnique de lorraine . Nancy , France ,260p.
31. **MEDDOUR, SAHAR. (2008)** : Contribution a l'étude des feux de forêt en Algérie : approche statistique exploratoire et socio-économique dans la wilaya de Tizi-Ouzou, mémoire.
32. **MEDDOUR-Sahar O., GONZALEZ-CABAN, A., MEDDOUR, R., & DERRIDJ, A. (2013)**. Wildfire Management Policies in Algeria: Present and Future Needs. Proceedings of the Fourth International Symposium on Fire Economics, Planning, and Policy: Climate Change and Wildfires. GENERAL TECHNICAL REPORT PSW-GTR-245, pp 382-395
33. **MEFTA H T., 1985** : Etude des grands mammifères de Ghellaie au parc national de Chréa. Th. Ing. Agro. INA. ALGER. 116 p.
34. **MISSOUMI A., MEDERBAL K. et ABDELLI K., 2002** : Apport des SIG dans la prévention et la lutte contre les incendies de forêt, Stratégie de prévention des incendies dans les forêts d'Europe du Sud, Collection Actes, Éditions P, 368 p.
35. **MUTIN G., 1977** : *La Mitidja, décolonisation et espace géographique*. Ed. Office Publ. Univ., Alger, 606 p.
36. **QUEZEL P. & SANTA S., 1962-1963** : Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Paris, C.N.R.S., T1-T2, 1170 p.
37. **RAMADE F., 1984** : Eléments d'écologie. Ecologie fondamentale. Ej. Mc. Grow-Hill. Paris, 362p.
38. **RAMADE F., 2002** : Dictionnaire encyclopédique de l'écologie et des sciences de l'environnement, 2^{ème} édition DUNOD, Paris.

Références bibliographiques

39. **RAVELET S et PANET I, 2001** : Vademecum du chef de projet SIG
40. **REBAI , A .,1983** : Les incendies de forêts dans la wilaya de Mostaganem (Algérie). Etude écologique et proposition d'aménagement . Thèse . Doct . Uni. Sci . Marseille , France , 130 p + annexe.
41. **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.
42. **ROCCHIO.L.,2006**: Landsat Data Base Map for Google Earth™ (<https://landsat.gsfc.nasa.gov/landsat-data-base-map-for-google-earth>, consulté le 15.05.2017)
43. **SITAYEB, T. (2006)** : Thèse, 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,
44. **STEWART C.R., 1978** : role of carbohydrates in proline accumulation wilted Barleys leaves. Plant Physiol, 61,775-778.
45. **TRABAUD , L .,1979** : Etude du comportement du feu dans la garrigue de chêne kermès à partir des températures et des vitesses de propagations . Ann .Sci .For , p 13-38.
46. **UICN., 2008** : Gouvernance des aires protégées de la compréhension à l'action, ligne directrices des meilleurs pratiques pour les aires protégées N°20
47. **VELEZ R.** Protection contre les incendies de forêt : principes et méthodes d'action. In : **VELEZR. (ed.). Protection contre les incendies de forêt : principes et méthodes d'action. Zaragoza : CIHEAM, 1999. p. 1-18. (Options Méditerranéennes : Série B. Etudes et Recherches**
48. **YAICH ACHOUR M., 1991** : Contribution à l'étude de l'avifaune forestière nicheuse du parc national de Chréa. Th. Ing. USTB. 94 p.

Webographie :

1. www.googleearth.org
2. <https://fr.climate-data.org>