

TABLE DES MATIERE

Introduction.....	1
-------------------	---

Partie I : partie Bibliographique

Chapitre I : Notions de Pyrologie Forestière

I.1-Pyrologie forestière.....	3
I.2-Définitions.....	3
I.2.1-Définition du feu.....	3
I.2.2-Définition de l'incendie.....	3
I.2.3- Inflammabilité.....	3
I.2.4- La combustibilité.....	4
I.3-Caractères physique d'un feu.....	5
I.3.1-Le triangle du feu.....	5
I.3.1.1-Comburant.....	5
I.3.1.2-Combustible.....	6
I.3.1.3-Source de chaleur.....	6
I.3.2-La pyrolyse.....	6
I.3.3- La flamme.....	7
I.3.4- Conditions d'inflammation.....	7
I.3.5-Températures et énergies.....	7
I.3.6- Mode de transfert de la chaleur.....	8
I.3.6.1-Transmission par conduction.....	8
I.3.6.2-Transmission par rayonnement thermique.....	8
I.3.6.3-Transmission par convection.....	8
I.3.7-Les différents types de feu.....	9
I.3.7.1-Les feux de sol.....	9
I.3.7.2-Les feux de surface.....	9
I.3.7.3-Les feux de cime.....	9
I.3.7.4-Des feux de braises.....	10
I.3.8-Formes et parties d'un feu de forêt.....	10
I.3.8.1-Les parties d'un feu.....	10
I.3.8.2-Formes des feux de forêts.....	11
I.4-Les facteurs de prédispositions.....	12
I.4.1-Le type de végétation et le climat.....	12
I.4.2-L'occupation du territoire.....	12
I.5-Facteurs influençant le comportement du feu.....	13
I.5.1-La topographie.....	13
I.5.2-Le vent.....	14
I.5.3-Le combustible.....	15
I.5.4-Nature du combustible.....	15
I.5.5-La structure de la végétation (combustible).....	15

I.5.6-La taille du combustible.....	16
I.5.7-La teneur en eau.....	16
I.6-Le temps.....	16
I.6.1-cycle journalière de la propagation.....	16
I.6.2-Cycle saisonnier de brûlage.....	17
I.7-L'influence des facteurs anthropiques.....	17
I.8-Impact du feu sur l'environnement.....	18
I.8.1-Action sur les écosystèmes forestiers.....	18
I.8.2-Action sur le sol.....	19
I.8.3-Action sur la pédofaune.....	19
I.8.4-Action sur la faune forestière.....	19
I.8.5-Impact socio-économique.....	20
I.9-Risque d'incendie et ses éléments.....	20
I.9.1-L'aléa.....	21
I.9.1.1-La probabilité d'occurrence.....	21
I.9.1.1.1-Probabilité d'éclosion.....	21
I.9.1.1.2-Probabilité d'incendie.....	21
I.9.1.2-Intensité.....	21
I.9.1.2.1-L'intensité de l'incendie.....	21
I.9.1.2.2-La surface menacée.....	21
I.9.2-La vulnérabilité.....	22
I.9.2.1-L'enjeu.....	22
I.9.2.2-Parade.....	22

Chapitre II : Système d'Information Géographique

II.1-Définition d'un système d'information géographique.....	23
II.2-Historique.....	23
II.3- Rôle et utilité du SIG.....	24
II.3.1-Modélisation.....	24
II.3.2-La collecte des données.....	25
II.3.2.1-La collecte à partir de documents existants.....	25
II.3.2.2-La collecte à partir de photos.....	25
II.3.2.3-La collecte à partir d'image satellite.....	25
II.3.2.4-La collecte à partir de donnée alphanumérique.....	25
II.3.2.5-La collecte à partir du terrain.....	25
II.3.3-Archivage.....	26
II.3.4-Analyse.....	26
II.3.5-Affichage.....	26
II.3.5.1-La notion d'échelle.....	26
II.3.5.2-Représentation des données à caractères spatiales.....	26
II.3.5.2.1-La donnée « raster ».....	27

II.3.5.2.1.1-Le Modèle Numérique du Terrain d'altitude (MNT).....	27
II.3.5.2.2-La donnée « vecteur ».....	27
II.3.5.2.2.1-Le modèle métrique (spaghetti).....	28
II.3.5.2.2.2-Le modèle topologique.....	30
II.4-Les Avantages et les inconvénients d'un (SIG).....	30
II.4.1-Les avantages.....	31
II.4.2-Les inconvénients.....	31

Chapitre III : Un aperçu sur la Télédétection

III.1-Histoire de l'outil de la télédétection.....	32
III.2-Définition de la télédétection.....	32
III.3-Historique de la télédétection quelques dates.....	33
III.4-Système de télédétection spatiale.....	34
III.5-Les bases de la télédétection.....	35
III.5.1-Le rayonnement électromagnétique.....	36
III.5.1.1-Source d'énergie électromagnétique.....	37
III.5.2-La réponse spectrale.....	38
III.5.2.1-La végétation.....	38
III.5.2.2-L'eau.....	39
III.5.2.3-Le sable ou un sol nu.....	39
III.6-Valeur des pixels.....	40
III.7-Composition colorés Rouge-vert-bleu (RVB).....	40
III.8-Classifications.....	41
III.8.1-Les méthodes de classifications non assistées.....	41
III.8.2-Les méthodes de classification assistées.....	41

Chapitre IV: Politique de lutte contre les incendies de forêt

IV.1-La prévention.....	43
IV.1.1-Information et sensibilisation.....	43
IV.1.1.1-Les publics visés.....	44
IV.1.1.1.1-Sensibilisation ciblée.....	44
IV.1.1.1.2-Sensibilisation de masse.....	45
IV.1.1.2-Les outils de communication.....	45
IV.1.1.3-Analyse des actions de communication.....	45
IV.1.1.4-La formation.....	46
IV.1.2-Le cadre législatif.....	46
IV.1.2.1-Législation préventif.....	47
IV.1.2.2-Législation répressive.....	48
IV.1.2.3-Application des lois.....	48
IV.2-La prévision.....	48
IV.2.1-La détection.....	49

IV.2.1.1-Guet fixe.....	49
IV.2.1.2-Guet mobile terrestre.....	49
IV.2.1.3-Guet aérien.....	49
IV.2.1.4-Système automatisés.....	50
IV.2.1.5-Intervention de la population locale.....	50
IV.2.2-Equipement de terrain.....	50
IV.2.2.1-Voies de circulation.....	51
IV.2.2.2-Réseau routier.....	51
IV.2.2.3-Piste.....	51
IV.2.2.4-Zones d'appui « ligne de combat préparées à l'avance : LICAGIF ».....	52
IV.2.3-Les points d'eau.....	53
IV.2.4-Brumisation.....	53
IV.2.5-Débroussaillage localisés.....	53
IV.2.5.1-Débroussaillage le long des voies de circulation.....	54
IV.2.5.2-Débroussaillage autour des habitations.....	54
IV.2.5.3-Interfaces forêt / zones agricoles.....	54
IV.2.5.4-Autres zones sensibles.....	54
IV.2.6-Compartimentation de l'espace.....	55
IV.2.6.1-Les pare-feu ou tranchées pare-feu.....	55
IV.2.6.2-Les coupures de combustible.....	55
IV.2.6.3-Sylvopastoralisme.....	56
IV.2.7-Sylviculture préventive.....	56
IV.2.7.1-Opérations sylvicoles.....	58
IV.3-La lutte.....	59

Chapitre V : politique de prévention des incendies de forêts en Algérie

V.1-Importance des incendies de forêts en Algérie.....	61
V.2-Répartition des incendies par catégorie de causes.....	62
V.3-Le bilan de l'année 2010.....	63
V.4-Le dispositif national de protection contre les incendies de forêts	63
V.4.1-Sur le plan organisationnel.....	63
V.4.2-Sur le plan réglementaire.....	64
V.4.3-Sur le plan opérationnel (technique).....	65
V.4.4-Sur le plan de sensibilisation.....	66
Conclusion.....	67

Partie II : partie pratique

Chapitre VI : Zone d'étude et milieu physique

VI-Etude du milieu physique.....	70
VI.1-Géologie et pédologie.....	70
VI.2-Synthèse climatique.....	71

VI.2.1-Les précipitations.....	72
VI.2.1.1-Répartition mensuelle moyenne des précipitations.....	72
VI.2.1.2-Régime saisonnier des précipitations.....	72
VI.2.2-La température.....	73
VI.2.2.1-Amplitude thermique extrême moyenne ou indice de continentalité.....	73
VI.2.3-Indice de sécheresse estivale.....	74
VI.2.4-Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN.....	74
VI.2.5-Quotient pluviothermique et climagramme d’Emberger.....	75
VI.2.6-Autres facteurs climatiques.....	78
VI.2.6.1-Le vent.....	78
VI.2.6.2-L’humidité relative.....	78
VI.3-Description forestière.....	78

Chapitre VII : Elaboration du zonage et gestion des risques d’incendie

VII.1-Élaboration du zonage.....	80
VII.1.1-Méthodologie.....	80
VII.1.1.1-Les données acquis.....	80
VII.1.1.2-Moyens utilisés.....	81
VII.1.2-L’aléa.....	81
VII.1.2.1-L’Indice de Combustibilité (IC).....	83
VII.1.2.1.1-L’indice de biovolume (BV).....	83
VII.1.2.1.1.1-Taux de recouvrement des ligneux hauts (BV1).....	88
VII.1.2.1.1.2 Taux de recouvrement des ligneux bas (BV2).....	90
VII.1.2.1.1.3 Taux de recouvrement de la strate herbacée (BV3).....	93
VII.1.2.1.1.4 Taux de recouvrement de la litière (BV4).....	97
VII.1.2.1.2 Note calorifique (E).....	100
VII.1.2.2 L’indice Topo morphologique (IM).....	103
VII.1.2.2.1 L’hypsométrie.....	103
VII.1.2.2.2 Situation dans le versant.....	104
VII.1.2.2.3 La pente (p).....	106
VII.1.2.2.4 L’exposition.....	107
VII.1.2.3 L’indice de biomasse (BM).....	110
VII.1.2.4 Détermination de l’indice d’aléa.....	112
VII.1.2.5 Proposition d’un règlement.....	115
VII.1.2.5.1. En zone d’aléa fort et très fort (zone rouge et magenta).....	115
VII.1.2.5.2 Zone d’aléa moyen en jaune.....	116
VII.1.2.5.3 Zone d’aléa modéré en vert.....	116
VII.1.2.5.4 Zone d’aléa faible en bleu.....	117
VII.1.3 Les enjeux.....	117
VII.2 Proposition spécifique à la zone d’étude.....	121
VII.2.1 habitats groupés et propositions de T.P.F.....	121

VII.2.2 Proposition de points d'eau.....	123
VII.2.2.1 Zones où l'eau ralentie.....	126
VII.2.2.1.1 La fouille des puits.....	127
VII.2.2.1.2 Ouvrages traditionnels.....	127
VII.2.2.2 Zone où l'eau est plus ou moins stagnante.....	127
VII.2.2.3 Proposition des pistes reliant les points d'eau.....	129
VII.2.3 Proposition des tours de vigie.....	130
VII.2.3.1 Proposition des pistes reliant les tours de vigie.....	131
Conclusion générale.....	133



Rapport-Gratuit.com



Introduction



INTRODUCTION

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

Selon DAVIES et UNAM, 1999) Les incendies modifient le volume de la biomasse, altèrent le cycle hydrologique et influencent le cycle de vie des végétaux et des animaux, ils détruisent ainsi les paysages et les milieux forestiers. Ces espaces sont précieux et souvent très long à se reconstituer. Il en résulte de très lourdes charges pour la société toute entière. Dont la végétation essentiellement méditerranéenne regroupant les landes à Cistus et les thérophytes de pelouses sur sols acides ou décalcifiés. C'est une classe favorisée par les incendies de forêt (FERKA ZAZOU N., 2006).

En forêt méditerranéenne, les conditions de prédispositions aux incendies ne sont pas constantes dans le temps. Elles évoluent, par exemple, en fonction de l'état de la végétation qui est le résultat à la fois de sa dynamique naturelle, de la sylviculture qui est appliquée et des passages éventuels du feu (JAPPIO et al. 2002).

La forêt de M'sila présente une richesse en matière de biodiversité, de part sa situation, le massif forestier naturel de M'sila constitue une curiosité scientifique. Ce mitage d'essences arborées ; feuillus dominé par le Chêne liège et résineux par le Pin d'Alep, est soumis à une pressions anthropozoogène très marquée,

Notre approche en matière de pyrologie forestière, s'intitule « gestion des risques de feux dans la forêt de M'sila W d'Oran » En effet, la présence de l'homme en forêt ou à son contact et en absence d'une politique urbaine, d'une part augmente la fréquence de départs des feux et d'autre part rend difficile toute action d'intervention. L'adoption de zonage des différents niveaux de risques a pour objectif d'arrêter le plan d'équipement propre à chaque zone et la stratégie de lutte propre à chaque incendie où les priorités sont définies à l'avance.

Ce modèle de zonage des différents degrés d'aléas, est inspiré de l'expérience française dans le domaine de prévention, notamment les plans de prévention des risques naturels (PPR). Ces derniers ont été instaurés par la loi n°95-101 du 2 février 1995.

Notre travail se structure en deux parties, l'une bibliographique et l'autre expérimentale, dont la première est subdivisée en cinq chapitres et la deuxième en deux chapitres.

Partie I :

Chapitre I : Notions de Pyrologie Forestière.

Chapitre II : Système d'Information Géographique.

Chapitre III : Un aperçu sur la Télédétection.

Chapitre IV : Politique de lutte contre les incendies de forêt.

Chapitre V : politique de prévention des incendies de forêts en Algérie.

Partie II :

Chapitre VI : Zone d'étude et milieu physique.

Chapitre VII : Elaboration du zonage et gestion des risques d'incendie.



Partie I

Première Chapitre



I.1-Pyrologie forestière

La pyrologie forestière constitue une science dont l'objet principal est l'étude des feux de forêts et de leurs propriétés. Elle explique, le phénomène de la combustion, décrit les caractéristiques propres aux incendies de forêts et étudie les facteurs qui influencent leur origine et leur développement (TRABAUD, 1979).

I.2-Définition

I.2.1-Définition du feu

Le feu est défini comme étant un dégagement simultané de chaleur, de lumière et de la flamme produite par la combustion vive dans certains corps (bois, charbon...), (FAO, 1986)

I.2.2-Définition de l'incendie

C'est un feu violent, un embrasement qui se propage à un édifice, une maison, une forêt...etc. l'incendie est une réaction de combustion non maitrisée dans le temps et dans l'espace (WIKIPEDIA ,2007).

L'incendie de forêt est « une combustion qui se développe sans contrôle, dans le temps et dans l'espace ». Par forêt, il faut entendre, en plus des forêts au sens strict, l'ensemble des formations végétales dégradées de substitutions (landes, garrigues, maquis...), (GERALD, 1994).

I.2.3- Inflammabilité

Plusieurs définitions ont été apportées à l'inflammabilité. Ces définitions ne recouvrent pas toujours les mêmes concepts.

ANDERSON (1965) a défini **l'inflammabilité** d'un combustible comme l'ensemble de trois phénomènes :

- L'ignition correspond au délai d'inflammation.
- La rémanence est un concept proche de celui de la persistance de la flamme.
- La combustibilité correspond à la rapidité avec laquelle brule un feu.

METRO (1975) dans sa terminologie forestière multilingue définit l'inflammabilité comme la facilité et la rapidité avec laquelle des combustibles s'enflamment et brûlent indépendamment de leur qualité.

Pour DELABRAZE et VALETTE (1974) l'inflammabilité est la facilité avec laquelle un végétal s'enflamme après une exposition à un rayonnement calorifique constant.

TRABAUD (1976) considère l'inflammabilité comme la propriété à s'enflammer que possède un végétal, dès qu'une source de chaleur entre en contact avec lui. L'inflammabilité est mesurée de façon conventionnelle par un épi-radiateur. Le principe de test repose sur le fait de calculer le temps, mesuré en seconde, qui s'écoule

entre le dépôt du matériel végétal à la surface de l'épi-radiateur et l'apparition des premières flammes.

L'inflammabilité d'une formation végétale est celle de l'espèce la plus inflammable : si elle est représentée en proportion suffisante.

Des essais effectués par l'institut national de recherche agronomique (I.N.R.A) de France ont fourni les résultats énumérés dans le tableau suivant :

Tableau n° 01 : degrés d'inflammabilité par espèce

Degrés d'inflammabilité	Espèce
forte	Bruyère à balais Bruyère arborescente Callune Chêne liège Ajonc épineux Cheney vert Pin d'Alep Spartier Thym Brachypode rameaux
Assez forte	Pin maritime Chêne blanc Buis Buplèvre ligneux Genévrier de Phénicie
Modérée	Ciste de Montpellier Chêne triflore Chêne kermès Genévrier oxycèdre Romarin Viorne-tin
Faible	Arbousier Cèdre Sapin de Céphalonie

(I.N.R.A in CEMAGREF 1989)

I.2.4- La combustibilité

Comme pour la notion d'inflammabilité, la combustibilité avait elle-même plusieurs définitions.

DELABRAZE et VALETTE (1974) définissent la combustibilité, comme étant la plus ou moins grande facilité avec laquelle un végétal brule en dégageant une énergie suffisante pour se consumer et entraîner l'inflammation des végétaux voisins.

TRABAUD (1976) considère la combustibilité comme la manière dont brûlent les végétaux une fois qu'ils sont enflammés.

La combustibilité caractérise la puissance du feu qu'une formation végétale donnée veut alimenter. Elle dépend de la structure et des espèces dominantes de cette formation, ainsi que de la saison.

Lors du passage d'un front de feu, seuls brûlent les feuilles, les rameaux fins et une partie de la litière. Or, feuilles et rameaux représentent une biomasse combustible qui peut aller jusqu'à 350g/m² pour un taillis de chêne vert et jusqu'à 1000g/m² pour une futaie de Pin très dense. En outre, on estime de 100 à 500g/m² le poids de la litière combustible (ALEXANDRIAN, 1982).

La combustibilité est utilisée pour évaluer le risque d'incendie. A ce propos le CEMAGREF a mis au point une méthode simplifiée pour le calcul de risque d'incendie à partir de la combustibilité. Cette méthode a été appliquée dans les Alpes-Maritimes

1.3-Caractères physique d'un feu

1.3.1-Le triangle du feu

Pour qu'un incendie se déclare, il faut simultanément du combustible, du comburant et une source d'énergie ou de chaleur. C'est ce que l'on appelle « triangle du feu ».

L'absence d'un des trois éléments de ce triangle empêche le déclenchement de la combustion : c'est le principe fondamental à connaître en matière de lutte contre l'incendie.



Fig. n° 01 : Le triangle du feu

1.3.1.1-Comburant

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

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% (CEMEGREF, 1989).

I.3.1.2-Combustible

Toute substance susceptible de brûler, c'est-à-dire pouvant être partiellement ou totalement détruite par le feu, est considérée comme combustible. Les solides et les liquides ne brûlent pas en tant que tels. Ce sont les gaz et les vapeurs qu'ils émettent qui brûlent.

Dans la pyrologie forestière quatre parties ou strates sont prises en considération



Fig. n° 02 : les quatre strates de propagation du feu

1. La litière : très inflammable, elle est à l'origine d'un grand nombre de départ de feu, difficile à détecter, car se consumant lentement.
2. La strate herbacée : d'une grande inflammabilité, le vent peut y propager le feu sur des grandes superficies.
3. La strate des ligneux bas (maquis, garrigue) : d'inflammabilité moyenne, elle transmet rapidement le feu aux strates supérieures.
4. Strate des ligneux hauts : rarement à l'origine d'un feu, elle permet cependant la propagation des flammes lorsqu'elle est atteinte : ce sont les feux de cimes.

I.3.1.3-Source de chaleur

La source de chaleur apporte l'énergie d'activation nécessaire au démarrage de la réaction chimique de combustion ; au cours d'un incendie, la chaleur produite par le feu lui-même est responsable de l'auto-entretien de cette réaction.

I.3.2-La pyrolyse

C'est la décomposition chimique de la matière en et sous l'effet de la chaleur seule. Ce phénomène se produit rarement au cours d'un incendie de forêt, mais la gazéification observée s'apparente à la pyrolyse.

En vase clos, l'échauffement progressif du bois entraîne selon DELAVEAUD, 1981:

- Au dessous de 100 ° C une vaporisation de l'eau ; tant que toute l'eau n'est pas vaporisée, la température interne du bois reste voisine de ce seuil .C'est une période fortement endothermique ;
- De 100 à 275 °C, un dégagement de gaz (70 % de CO₂ incombustible et 30% de CO combustible) et d'acides pyroligneux (distillat contenant des fractions acides et alcooliques). C'est une période endothermique ;

- Vers 275 °C, un abondant dégagement gazeux riche en CO et l'apparition d'hydrocarbures combustibles. C'est une phase exothermique ;
- Au dessus de 350 °C, un ralentissement des dégagements gazeux, en majorité combustibles ; une diminution de proportion de CO₂. Les hydrocarbures dominent ; l'apparition de l'hydrogène .C'est une phase exothermique ;
- Au dessus de 450 °C, l'hydrogène et les hydrocarbures constituent la majeure partie des gaz dégagés .Du charbon de bois, susceptible lui même de brûler, se forme au fond de vase.

I.3.3- La flamme

La flamme se caractérise par quatre propriétés particulières :

- Toujours associée à une oxydation.
- Accompagne une réaction fortement exothermique entre des gaz.
- Sa température est très élevée.
- Emet de la lumière.

La flamme contient les réactifs et les produits de l'oxydation et se trouve à l'intérieur de l'enveloppe la plus externe qui émet de la lumière. Un combustible solide brûle avec des flammes de "diffusion", l'oxygène de l'air doit diffuser dans la flamme pour qu'ait lieu l'oxydation, souvent très incomplète. Les particules de carbone formées sont portées à l'incandescence et rendent la flamme brillante et éclairante.

I.3.4- Conditions d'inflammation

A l'air libre, l'accumulation des gaz combustibles et la présence d'un point chaud sont indispensables pour que la flamme apparaisse. Le point chaud est une température supérieure à celle du milieu ambiant ; il peut être une étincelle, une flamme ou une particule de combustible incandescente, cette dernière provoque ce qu'on appelle l'auto-inflammation. Quelle que soit la nature du point chaud, l'inflammation ne se produit qu'au-delà d'un seuil -la température d'inflammation- dont la valeur varie avec les combustibles. En raison de l'hétérogénéité du combustible forestier, ce seuil ne peut être qu'estimé.

En présence d'une flamme, l'inflammation a lieu entre 275 °C et 360°C

(DELAVERAUD, 1981) ; de nombreux auteurs retiennent 300°C. L'auto-inflammation ne survient qu'à des températures nettement plus élevées, entre 500 °C et 550 °C.

I.3.5-Températures et énergies

La température réelle d'une flamme de diffusion qui se situe entre 500 °C et 900 °C, est liée à la quantité de combustible consommée par unité de temps ainsi qu'au niveau de l'oxydation réalisée.

Les combustibles forestiers donnent par gazéification des composés complexes dans lesquels dominent les hydrocarbures lourds qui demandent, pour brûler, une oxygénation importante.

Les essais de combustion au laboratoire montrent que lorsque l'oxygénation est faible, la température de la flamme ne dépasse pas 500°C (DELAVEAUD, 1981). Une meilleure oxygénation améliore le rendement de la combustion et accroît la température de la flamme (900 °C). L'énergie libérée par la flamme, sous forme d'énergie lumineuse et d'énergie calorifique, se dégage par rayonnement et convection.

I.3.6- Mode de transfert de la chaleur

Le transfert de la chaleur est un processus d'échange d'énergie, entre deux points de l'espace se produisant, lorsqu'une différence de température existe entre ces deux points. Il est assuré par trois processus :

I.3.6.1-Transmission par conduction

La conduction est le résultat de l'agitation moléculaire, elle-même liée à la constitution et à la température du milieu. Elle ne peut donc se produire que dans un support matériel qu'il soit solide, liquide ou gazeux. La chaleur diffuse du corps chaud vers le corps froid.

En pratique, la conduction est négligeable au cours de la propagation des incendies de végétation, puisqu'elle ne présente environ que 5% des transferts de chaleur, à l'exception des feus de sol ou de tourbières, pour lesquels elle est le processus de chaleur prépondérant (COLIN et *al*, 2001).

I.3.6.2-Transmission par rayonnement thermique

Le rayonnement est un mode de transfert de l'énergie sous forme d'ondes électromagnétique se propage avec ou sans support matériel. Tout corps dont la température absolue est supérieure à 0°K, soit -273°C, émet un rayonnement électromagnétique dont la fréquence est fonction de cette température. La quantité d'énergie transférée d'un corps à un autre par rayonnement augmente avec l'accroissement de la différence de température entre ces deux corps (COLIN et *al*, 2001).

Le rayonnement calorifique mis en jeu lors des incendies de forêt est principalement un rayonnement électromagnétique infrarouge.

I.3.6.3-Transmission par convection

La propagation de chaleur par convection est réalisée sous forme d'une masse d'air chaude qui tend à monter verticalement à cause de son poids plus léger que l'air frais. L'air réchauffé par le feu s'élève et est remplacé par l'air froid environnant. On assiste

alors à la création d'une colonne de convection au dessus du feu où s'accumule la plus grande chaleur dégagée par la combustion.

La chaleur propagée par convection constitue avec le vent le principal mode de diffusion des feux de cimes. En effet, dans son ascension, la chaleur dessèche et réchauffe les combustibles placés sur son passage et les enflamment si elle est suffisamment intense. La propagation de chaleur par convection est souvent affectée par le vent qui dévie la colonne de convection. Ainsi, lorsque le feu remonte une pente forte ou lorsqu'un vent violent maintient cette colonne près du sol, elle contribue à dessécher la végétation parfois assez loin en avant du feu et accélère ainsi sa propagation. Cette colonne de convection transporte des matières en ignition, des brandons (ex. rameaux feuillés de l'année), qui peuvent retomber plusieurs centaines de mètres en avant du feu et donner l'impression que celui-ci saute.

1.3.7-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 forêt peuvent être de quatre types (TRABAUD, 1992).



Fig. n° 03 : types de feux de forêts (MARGERIT, 1998).

1.3.7.1-Les feux de sol

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

1.3.7.2-Les feux de surface

Dit aussi feux courants, se propagent dans les sous-bois des forêts, ils brûlent l'herbe et les broussailles. Ils 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 terminer en un feu de sol susceptible de se transformer en un nouveau feu de surface après l'intervention des pompiers.

1.3.7.3-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 celle-ci. Ils se développent généralement au sol, montent le

long des arbres en brulant 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 hautes qui assurent la propagation verticale en direction des cimes.

Il existe deux types de feu de cime :

Dépendant : lorsque le feu se maintient dans la cime des arbres en raison de la chaleur transportée par la convection du feu de surface.

Roulant : lorsque dans une forêt dense, le feu se développe dans la cime des arbres voisines sous l'action d'un vent fort, indépendamment du feu de surface.

1.3.7.4-Des feux de braises

Les braises sont produites par des feux de cimes ou pour certaines conditions de vent et de topographie.



Fig. n° 04 : production de braises par fort vent (MARGERIT, 1998)

Ces braises sont transportées à distance et sont alors à l'origine de foyers secondaires. Les grand brandons peuvent bruler longtemps et être transportés très loin (jusqu'à 10 ou 20 Km dans les cas exceptionnels) (COLIN et al. 2001).

En faite, ces différent types de feu peuvent se combiner où se produire simultanément. Un feu de surface peut, par exemple, se transformer en un feu de cime et inversement.

1.3.8-Formes et parties d'un feu de forêt

Il est important de connaître les formes et les parties d'un feu de forêt. Ceci permettra d'étudier et de bien déterminer les moyens de lutte contre les incendies de forêts.

1.3.8.1-Les parties d'un feu

La forme d'un feu se réfère à la configuration qu'il adopte en se développant et détermine des parties bien distinctes (Fig. n° 05). Les définitions suivantes sont reprises du manuel de lutte de canada.



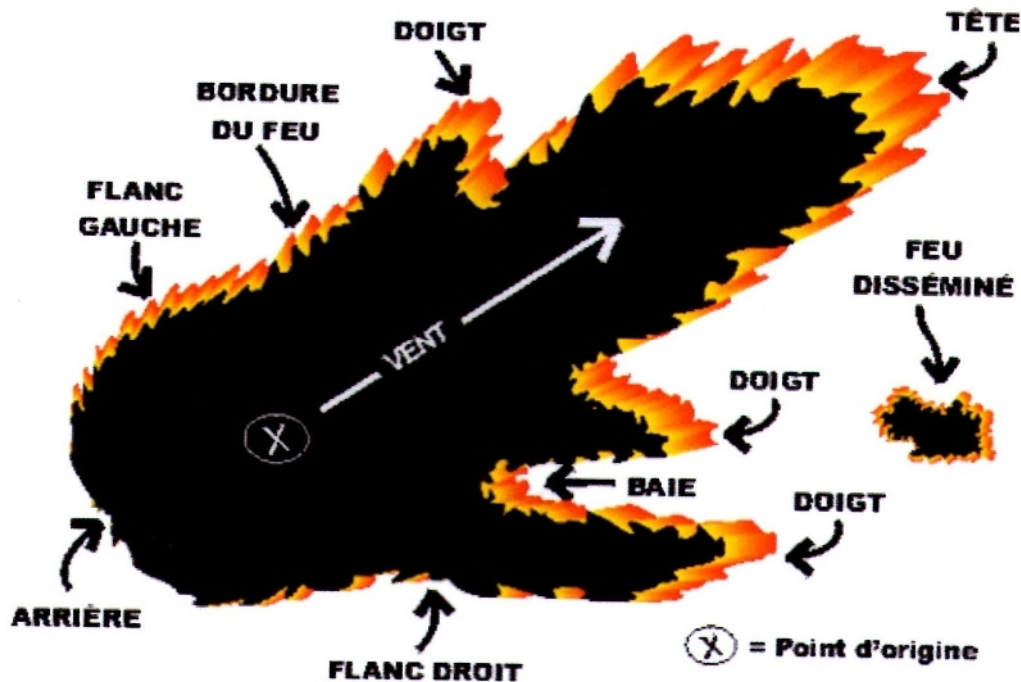


Fig. n° 05 : les parties d'un feu

1. Arrière : partie de la bordure du feu qui est opposée au côté où la propagation du feu est la plus rapide.
2. Baie : partie de la bordure du feu qui se développe plus lentement à cause du combustible ou la topographie.
3. Bordure du feu : ligne souvent irrégulière jusqu'où le feu a brûlé à un moment donné.
4. Doigt : partie de la bordure du feu qui se développe en saillie du corps principal.
5. Feu disséminé : feu nouveau à l'extérieur du périmètre de l'incendie est causé par celui-ci.
6. Flanc : côté qui relie la tête à l'arrière, ordinairement parallèle à la direction générale de la progression du feu.
7. Point d'origine : partie d'un incendie où le feu a pris naissance.
8. Tête : partie de la bordure du feu qui se développe ordinairement le plus rapidement. Elle indique la direction de la progression du feu.

I.3.8.2-Formes des feux de forêts

La forme que prend un feu est conditionnée par un certain nombre de facteurs, tels que la topographie du terrain, la nature du combustible ainsi que l'action du vent, sont intensité et sa direction (fig. n° 06).



Fig. n° 06 : les différentes formes du feu

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

En pratique, la végétation n'est jamais homogène et le vent n'est jamais constant. Lorsque le feu dure longtemps (plusieurs jours) des modifications de la direction générale du vent peuvent lui donner des formes très complexes (CEMAGREF, 1989).

1.4-Les facteurs de prédispositions

1.4.1-Le type de végétation et le climat

La probabilité qu'un feu parte et se propage dans un peuplement forestier n'est jamais nulle. Cependant, les caractéristiques de la végétation et du climat peuvent créer des conditions favorables au développement des incendies.

L'intensité, la fréquence et l'importance de l'incendie sont en rapport avec le milieu physique et végétal qui se caractérise par les facteurs climatiques déterminants, la structure et la composition de la végétation. La naissance et la propagation des incendies sont dépendante de la présence et de la réunion des différentes conditions naturelles et des causes d'origine souvent humaines.

Ces conditions de prédispositions ne sont pas constantes dans le temps. Elles évoluent, par exemple, en fonction de l'état de la végétation qui est le résultat à la fois de sa dynamique naturelle, de la sylviculture qui est appliquée et des passages éventuels du feu (JAPPIO et al. 2002).

1.4.2-L'occupation du territoire

De nombreux facteurs humains contribuent dans une certaine mesure au développement des incendies de forêt. C'est le fait des activités humaines : loisirs,

production, certaines infrastructures de transport (routes, voies ferrées) qui peuvent être à l'origine de l'éclosion et de la propagation des feux.

De même l'évolution de l'occupation du sol influe notablement sur le risque d'incendie de forêt en raison du développement de l'interface forêt-habitat et de l'absence de zone tampon que constituent les espaces cultivés. Cet état est lié d'une part à l'abandon des espaces ruraux qui a pour conséquence la constitution de massifs entiers sans coupures pour les incendies et d'autre part à l'extension des villes et villages jusqu'aux abords des zones boisées.

1.5-Facteurs influençant le comportement du feu

Tous les incendies qui se propagent librement subissent des contraintes physiques influençant leur comportement : celui-ci est dépend de tous les facteurs qui régissent l'environnement du feu.

1.5.1-La topographie

La topographie joue un rôle très important au comportement du feu par l'accélération ou au contraire le ralentissement de la propagation du feu. Dans les montées, sur un versant à forte pente, dans le sens du vent, le feu accélère sa propagation. Alors par contre dans les descentes, il ralentit ; mais il peut se propager sur l'autre versant par des sautes provoquées par le vent.

Dans des régions plates, et s'il n'y a pas apparition de foyers secondaires, ni de tourbillons due au vent, l'accélération de la vitesse de propagation d'un feu sous l'influence d'un vent fort est ralentie lorsque la puissance du feu devient assez élevée pour engendrer un puissant courant centripète opposé à la direction de la propagation du feu. Ce phénomène autorégulateur n'apparaît pas quand un feu augmente sa puissance en escaladant un versant. Néanmoins, lors de grosses conflagrations, la topographie n'exerce pas un rôle prédominant sur le comportement du feu (TRABAUD, 1979).

D'après ARTHUR rapporté par AMANDIER (1974), l'influence de la pente et de la direction du feu sur la vitesse de propagation obéit à une fonction hyperbolique (Fig. n° 07).

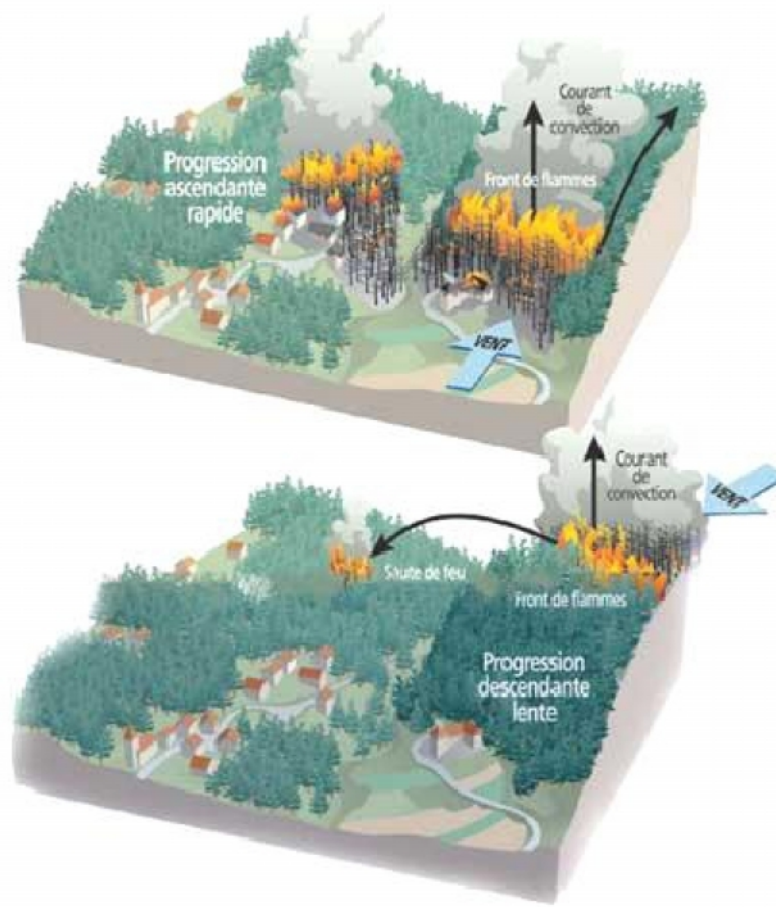


Figure n°07 : rôle de la topographie et du vent sur la propagation du feu (MEDD, 2002)

Ordinairement un feu escalade un versant, mais des incendies désordonnées de forte puissance se propage non seulement vers le sommet mais aussi vers le bas des versants. De tels incendies ont franchi des vallées, comme si elles n'existaient pas, se propageant à la fois vers le sommet et vers le bas des versants (TRABAUD, 1979)

Toutefois, la topographie modifie l'écoulement du vent. Par exemple, quand le vent s'écoule par-dessus une crête orientée perpendiculairement à la direction du flux, il y a une ascendance des courants aériens. En outre, la vitesse du vent, juste au-dessus du sommet de la crête, est accélérée (TRABAUD, 1979)

I.5.2-Le vent

Le vent joue un rôle important dans la formation et le développement des feux, car son action est multiple :

- Il active la combustion en augmentant l'apport en oxygène ;
- Il accélère la propagation en couchant la colonne de convection et en transportant des particules incandescentes .
- Il dessèche le sol et les végétaux ;

- Il est imprévisible, car sa vitesse et sa direction varient en fonction du relief ;
- Il masque les contours du foyer en rabattant la fumée ;
- Il pousse le feu vers une nouvelle source de combustible (allumage des feux secondaires dans les zones qui n'ont pas encore été touchées par le feu) appelé par (CESTI, 1990 et CERISE, 1992).

L'action du paramètre vent est d'une importance capitale sur la vitesse de la propagation du feu. Celle-ci varie entre 1cm/s et 167cm/s, vitesse maximale enregistrée pour un feu (TRABAUD, 1979).

1.5.3-Le combustible

Le développement d'un feu de forêt est conditionné par le combustible en fonction de sa grosseur, de sa composition chimique, de sa densité et de sa disposition. Tous ces caractères ainsi que leurs interactions avec le feu et avec les autres facteurs du milieu doivent être nécessairement connus pour comprendre le comportement du feu.

1.5.4-Nature du combustible

Les espèces qui constituent les écosystèmes forestiers s'enflamment par ordre de combustibilité, les résineux et les feuillus. Les canadiens regroupent les matériaux forestiers en trois catégories suivant leur combustibilité :

- Combustibilité critique : ce sont les combustibles susceptibles de s'enflammer facilement comme les feuilles mortes, strate herbacée.
- Combustible lents : ce sont les combustibles qui brûlent lentement à cause de leur taille, leur épaisseur, leur structure ou leur disposition, comme les chicots, billots, souche, arbre morts. Les expériences réalisées par BROWN, 1970 prouvant que plus le combustible est épais plus le temps d'inflammation est long.
- Les matériaux verts : ce sont les végétaux vivants caractérisés par une certaine teneur en humidité. Ils permettent de retarder plus ou moins la propagation du feu.

1.5.5-La structure de la végétation (combustible)

La végétation est caractérisée par sa combustibilité qui représente son aptitude à propager le feu en se consumant. Elle traduit donc sa façon de se consumer, en libérant des quantités de chaleur plus ou moins importantes. La combustibilité est corrélée à la quantité de biomasse combustible (donc à la structure du peuplement) et à sa composition, elle permet d'évaluer la part du risque liée à la puissance atteinte par le feu. (JAPPIOT et al, 2002)

La structure du combustible correspond à sa distribution horizontale et verticale dans l'espace. Elle est le résultat, à la fois de sa dynamique naturelle et de l'action de l'homme (exploitation forestière, débroussaillage). Elle peut être décrite à partir

des taux de recouvrement des différentes strates de hauteur ; il est important de noter les continuités ou les discontinuités entre les strates verticales qui conditionnent le type de feu et par conséquent sa vitesse, sa puissance et son intensité.

« La composition floristique et notamment la stratification des végétaux joue un rôle prépondérant » soulignait BENABDELI (1983) sur les causes et les facteurs stimulant les incendies.

1.5.6-La taille du combustible

La taille du combustible joue un rôle important dans l'inflammabilité et la combustibilité. D'une façon générale, les combustibles les plus fins ont tendance à s'enflammer rapidement, par contre les combustibles de diamètre important ne s'enflamment pas rapidement. Delà la strate herbacée, constituée généralement de combustibles fins, leur inflammabilité est très élevée. La strate des ligneux bas et des ligneux hauts sont respectivement d'une inflammabilité moyenne et faible.

L'inflammabilité et la combustibilité, deux notions essentielles pour une connaissance parfaite du mécanisme de propagation des incendies. Ces deux paramètres sont utilisés pour une meilleure prévision des risques d'incendies.

1.5.7-La teneur en eau

La teneur en eau des combustibles est un facteur ayant une action importante sur la sensibilité des espèces végétales TRABAUD (1979). Un niveau élevé d'humidité ralentira le feu parce que l'énergie produite par la chaleur sera utilisée pour éliminer l'humidité.

Les incendies sont soumis aux conditions de l'environnement à savoir : la topographie, le combustible et le temps TRABAUD (1974).

1.6-Le temps

La propagation et l'intensité des incendies de forêts varient en fonction du temps de la journée (cycle journalière de brûlage) et en fonction de la saison (cycle saisonnier de brûlage)

1.6.1-cycle journalière de la propagation

Un incendie peut être déclaré à n'importe quel moment de la journée ; seulement il est à noter qu'au sein d'une même journée, des moments sont propices au déclenchement et au développement des incendies par rapport à d'autres moments.

Dans le combat des feux de forêt, les conditions météorologiques sont des facteurs importants qui influencent le comportement d'un incendie. Au cours d'une même journée, la température, l'humidité relative et le vent varient, le cycle journalier de brûlage tient compte de ces changements. On y retrouve quatre périodes pendant lesquelles l'incendie peut augmenter ou diminuer d'intensité TRABAUD (1974).

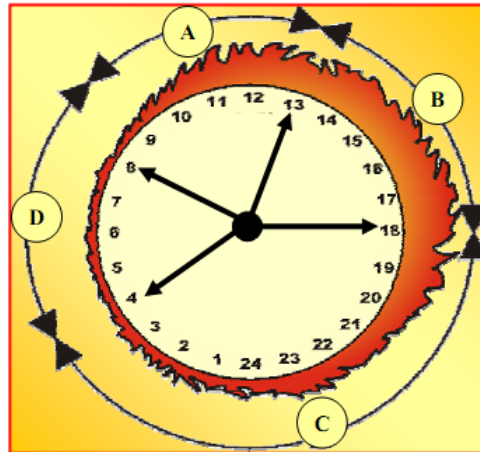


Fig. 08 : Cycle journalier d'un feu de forêt

1. **B-** dans la partie du cycle de brûlage qui se situe entre 13h⁰⁰ et 18h⁰⁰, le feu brûle avec une intensité maximale. La température est à son plus haut niveau, tandis que l'humidité relative est à son plus bas. Cette période est critique et le combat de l'incendie est toujours plus difficile.
2. **C-** entre 18h⁰⁰ et 4h⁰⁰, le feu diminue graduellement d'intensité. Les combustibles absorbent l'humidité relative qui augmente dans l'atmosphère. En général, les vents sont plus calmes et la température va en décroissant. L'incendie est alors plus facile à maîtriser.
3. **D-** dans la période de 4h⁰⁰ à 9h⁰⁰, le feu est calme. L'humidité est à son plus haut niveau. C'est la période idéale pour combattre l'incendie, car le travail effectué est très efficace.
4. **A-** de 9h⁰⁰ à 13h⁰⁰, le feu augmente d'intensité à mesure que les conditions atmosphériques progressent. Cette période est marquée par l'intensification de la combustion et les difficultés de combat s'accroissent.

I.6.2-Cycle saisonnier de brûlage

En début de saison d'été le feu ne brûle que les combustibles de surface. La terre froide, gelée par endroit, contient beaucoup d'humidité. À mesure qu'on avance en saison, les températures augmentent et le feu brûle avec plus d'intensité pouvant monter jusqu'à la cime des arbres. Le feu s'attaque aux combustibles de profondeur et par période de sécheresse, brûle l'humus jusqu'au sol minéral. A la fin de l'été, lorsque les journées d'ensoleillement sont plus courtes et que les températures baissent, on assiste au processus inverse.

I.7-L'influence des facteurs anthropiques

Les actions de l'homme ont un double impact sur la propagation des feux de forêt, d'une part en aggravant les risques mais également en les réduisant.

En conséquence, la présence de l'homme en forêt où à son contact risque de multiplier les départs de feu. En absence de politique urbaine, le mitage va entraîner une

augmentation des interfaces habitat-forêt. Les feux seront par ailleurs plus difficiles à combattre.

Dans la période 1985-1987, le pourcentage total des incendies connus attribué à des causes humaines était de 97% en Europe. 91% au Etats-Unis et 66% au Canada (GIANCARLO, 1991).

Dans la région méditerranéenne, un grand nombre de feu de forêt sont le fait d'interventions humaines intentionnelles ou accidentelles (MOL et al, 1997).

Contrairement aux autres risques naturels tels que les inondations ou les avalanches, l'homme a la possibilité d'intervenir directement sur l'évolution du phénomène. Il peut agir tout au long de son déroulement, soit en le stoppant, soit en réduisant localement ses effets. Par exemple, en évitant qu'ils ne viennent menacer des habitations placées dans son champ de propagation.

1.8-Impact du feu sur l'environnement

1.8.1-Action sur les écosystèmes forestiers

Elles sont très variables, selon l'intensité du feu et la richesse biologique présente. La région dévastée par le feu offre un spectacle affreux, un paysage noirci, quelques chicots d'arbres se dressent comme des squelettes. Aucune trace de vie animale n'est visible sauf aux extrémités où on peut voir le reste de quelques animaux brûlés, qui ont presque échappés au sinistre.

Les incendies de forêt influencent de nombreuses façons la diversité biologique. A l'échelle mondiale, ils constituent une source importante d'émission de dioxyde de carbone contribuant au réchauffement de la planète, ce qui pourrait entraîner des changements dans la biodiversité.

Selon BROWN et LUGO (1982) à peu près de 50% de la biomasse sèche de la végétation ligneuse est constituée de carbone. Au niveau régional et local, ils modifient le volume de la biomasse, altérant le cycle hydrologique avec des retombées sur les systèmes marins comme les récifs coralliens, et influencent le cycle de vie des végétaux et des animaux. La fumée dégagée par les forêts en flammes peut réduire de façon notable l'activité photosynthétique (DAVIES et UNAM, 1999).

DENNIS et al, (2001) ont signalé que l'une des pires conséquences écologique du feu est la probabilité accrue que surviennent de nouveaux incendies dans les années suivantes, à mesure que les arbres morts s'effondrent, créant des trouées dans la forêt à travers lesquelles le soleil pénètre et dessèche la végétation, et où les combustibles s'accumulent et les espèces vulnérables au feu, comme les graminées pyrophytes prolifèrent. Les feux répétés sont destructifs car ils représentent un facteur clé dans l'appauvrissement de la diversité biologique des écosystèmes de forêt ombrophile. Les incendies sont souvent suivis par la colonisation et l'infestation qui perturbent l'équilibre écologique.

I.8.2-Action sur le sol

La destruction de la couverture végétale est également à l'origine de l'augmentation des risques d'érosion et d'inondation due au ruissellement. D'après LE HOUEROU (1969) le taux d'érosion, toutes autres conditions étant égales, est 50 fois plus élevé sur terre nue que sous un couvert forestier bien développé. Le risque d'érosion est particulièrement élevé sur les sols siliceux (minéralisation rapide de la matière organique). Il dépend étroitement du régime des précipitations post incendies (JAPPIOT et al, 2002).

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

I.8.3-Action sur la pédofaune

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

Le feu réduit la population des vers de terre, de myriapodes, de fourmis et d'insectes pollinisateurs. La microfaune se détruite et se reconstitue lentement.

I.8.4-Action sur la faune forestière

Dans les forêts où le feu ne constitue pas une perturbation naturelle, il peut avoir des effets dévastateurs sur les vertébrés vivant dans la forêt. Non seulement en provoquant directement leur mort, mais aussi par des effets indirects à plus long terme comme le stress et la perte d'habitat, de territoire, d'abri et d'aliments. La perte d'organisme clés dans les écosystèmes forestiers, comme les invertébrés, les pollinisateurs et les décomposeurs, peut ralentir considérablement la régénération de la forêt (BOER., 1989).

Les forêts brûlées perdent leurs petits mammifères, oiseaux et reptiles les carnivores tendent à éviter les zones incendies. La baisse de densité des petits mammifères comme les rongeurs peut avoir des effets nocifs sur les disponibilités alimentaires des petits carnivores. Le feu détruit aussi la litière des feuilles et la communauté d'arthropodes qui lui est associées réduisant ultérieurement l'approvisionnement en aliments pour les omnivores et carnivores (KINNARD et O'BRIEN, 1998)

Le feu perturbe en outre de façon indirecte les cycles biologiques des animaux.

1.8.5-Impact socio-économique

Les incendies de forêts sont beaucoup moins meurtriers que la plupart des autres catastrophes naturelles. Ils peuvent cependant provoquer la mort d'homme, 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 lorsque 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. Il est très difficile d'évaluer les pertes économiques dues à un incendie, en raison de la difficulté d'appréhender les couts indirects (COLIN et al, 2001).

1.9-Risque d'incendie et ses éléments

Selon BLANCHI et GODFRIN (2001) le risque, concept polysémique, désigne une menace éventuelle déterminée d'après une rationalité mathématique. Sous leur aspect technique, la notion de risque et notamment le risque naturel, intègrent d'une part, la probabilité d'occurrence d'un événement, appelé aléa et d'autre part, l'ampleur de ces conséquences correspondant à la vulnérabilité.

En réalité, la notion du risque est celle d'une « espérance mathématique » tout à fait comparable à celle du jeu d'argent (produit entre la probabilité de gagner et le montant des gains potentiels) (JAPPIOT, BLANCHI et ALEXANRIAN, 2002).

Le risque naturel n'est pas légèrement naturel seul, mais cette conjonction entre aléa et activités où installations humaines.

Selon les mêmes auteurs précédemment cités, le risque est ainsi composé de différents éléments imbriqués (tableau n°02).

Tableau n° 02 : éléments du risque d'incendie forestier

RISQUE					
Aléa				Vulnérabilité	
Occurrence		Intensité		Enjeu	Parade
Probabilité d'éclosion	Probabilité d'incendie	Surface menacée	Intensité de l'incendie		

I.9.1-L'aléa

L'aléa se définit comme « la probabilité qu'un phénomène naturel d'intensité donnée se produise en un lieu donné ». Il est donc lui-même fonction de deux éléments : l'occurrence et l'intensité (JAPPIOT et al, 2002).

I.9.1.1-La probabilité d'occurrence

La probabilité d'occurrence d'un feu se manifeste sous deux aspects :

I.9.1.1.1-Probabilité d'éclosion

Contrairement aux autres phénomènes naturels, les feux peuvent théoriquement éclore en n'importe quel point de l'espace (dans les zones recouvre de végétation). La probabilité d'éclosion est la probabilité de départ de feu en un lieu donné. Elle dépend essentiellement de l'inflammabilité de la matière végétale et de la présence d'une étincelle (principalement due à l'homme) (JAPPIOT, BLANCHI et ALEXANRIAN, 2002).

I.9.1.1.2-Probabilité d'incendie

Probabilité d'incendie est la probabilité que le feu se propage en un lieu donné. On utilise parfois le terme de « risque de propagation », recouvrant une notion assez floue, différente selon les auteurs, englobant l'intensité du feu, la vitesse de propagation, l'effet de la lutte... (JAPPIOT, BLANCHI et ALEXANRIAN, 2002).

I.9.1.2-Intensité

L'intensité représente la quantité de chaleur ou d'énergie déployée par le feu. Il est également possible d'appréhender la notion d'intensité en définissant pour chaque point de départ potentiel la surface qu'il menace (CEMAGREF, 1989).

I.9.1.2.1-L'intensité de l'incendie

L'intensité de l'incendie est la puissance du front de feu (JAPPIOT et al, 2002). Elle correspond à la quantité d'énergie dégagée par le feu par unité de temps, elle permet d'évaluer le comportement du feu. La notion d'intensité est étroitement liée à la végétation, elle est donc très variable dans le temps, en fonction du stade de développement du combustible, des événements passés et des parades mise en œuvre (travaux visant à diminuer la biomasse).

L'intensité est exprimée en Kilowatt par mètre de front de feu.

I.9.1.2.2-La surface menacée

La surface menacée est la surface pouvant être potentiellement parcourue par le feu démarrant dans des conditions données. Ramenée à l'origine du point de départ, elle ne doit théoriquement pas tenir compte des parades (notamment des actions de lutte). Il s'agit d'une notion assimilable à une « intensité d'éclosion », destinée à mesurer sa

gravité potentielle (à opposer à l'intensité de l'incendie) CEMAGREF, 1989 Dans le domaine des risques naturels, elle peut être comparée à la magnitude d'un séisme (énergie libérée au foyer du séisme, mesurée sur l'échelle de Richter). Dans le domaine des risques industriels, elle peut être comparée à la gravité d'un accident (par exemple, quantité de substance chimique émise dans l'atmosphère et zone de dispersion) (JAPPIOT, BLANCHI et ALEXANRIAN, 2002).

La surface menacée est exprimée en hectares.

1.9.2-La vulnérabilité

La vulnérabilité correspond aux « conséquence prévisible d'un phénomène naturel d'intensité donnée sur les enjeux ». Elle est donc fonction de deux éléments : les enjeux et les parades (dispositifs de prévention et de lutte) (JAPPIOT, BLANCHI et ALEXANRIAN, 2002).

1.9.2.1-L'enjeu

Les enjeux sont l'ensemble des biens exposés pouvant être affectés par un phénomène naturel. Par rapport aux autres phénomènes naturels. Il faut ajouter autre enjeux matériels et humains les enjeux spécifiques des feux de forêts, liés à la forêt et à ses usages (JAPPIOT, BLANCHI et ALEXANRIAN, 2002).

Les enjeux peuvent avoir une valeur monétaire ou non monétaire.

1.9.2.2-Parade

Les parades sont les moyens de prévention, d'équipement et de lutte dont la mise en œuvre réduit le taux d'endommagement des enjeux. Le taux d'endommagement est la proportion détruite de l'élément exposé (enjeu), s'il est atteint par un phénomène d'intensité donnée. Il résulte du croisement de deux éléments du risque : l'intensité et l'enjeu. Maximal en cas de propagation libre de l'incendie, le taux d'endommagement diminue théoriquement en fonction des moyens déployés. Les parades agissent donc sur l'élément de risque « intensité » (surface menacée ou intensité du front de feu) (JAPPIOT et ALEXANDRIAN, 2002).

Partie I

Deuxième Chapitre



II.1-Définition d'un système d'information géographique

Le système d'information géographique (SIG) est composé essentiellement de trois notions :

- **Notion de système :** Un système est un ensemble d'éléments en relation les uns les autres et formant un tout.
- **Système d'information :** c'est un système qui, dans sa globalité, regroupe des équipements, des procédures, des ressources humaines et surtout des matières premières prêtes au traitement, et ce, pour pouvoir, fournir les informations désirées.
- **Système d'Information Géographique (SIG) :** plusieurs définitions ont été dictées, mais elles s'orientent toutes vers le même ordre d'idée. D'après l'union géographique internationale (I.G.N), un système d'information géographique est « le terrain commun entre le traitement d'information et plusieurs domaines utilisant les techniques d'analyse spatiales » (TOMLINSON, 1988).

Cette définition a été ajustée par BURROUGH (1986) comme « un ensemble puissant d'outils pour rassembler, stocker, extraire à volonté et visualiser les données spatiales du monde réel pour un ensemble particulier d'objectifs ».

Une définition similaire est donnée par le centre national d'information géographique et d'analyse (I.N.R.A, 1991), qui définit un SIG comme un système de gestion de base de données informatisées pour l'enregistrement, le stockage, la correction, l'analyse et la visualisation des données spatiales ».

D'après COWEN, (1988) rapporté par l'I.N.R.A (1991) « un SIG est défini comme étant un support de décision entraînant l'intégration des données spatiales dans un problème de l'environnement ».

VANDEBOS (1990) cité par EASTMAN (1993) a défini un SIG comme étant un exemple d'un système d'information spatial (S.I.S). Ce dernier est un système d'information qui intègre et visualise les données thématiques et spatiales.

Selon DIDIER (1990), un SIG est un ensemble de données repérées dans l'espace, structuré de façon à pouvoir en extraire des synthèses utiles à la décision.

Une autre définition a été adoptée lors du colloque sur les SIG de Strasbourg novembre, 1990 selon laquelle «un système d'information géographique est un système informatique permettant à partir des diverses sources, de rassembler et d'organiser, de gérer, d'analyser et de combiner, d'élaborer et de présenter des informations localisées géographiquement contribuant notamment à la gestion de l'espace ».

II.2-Historique

La première application souvent citée de l'analyse spatiale en épidémiologie est l'étude menée avec succès par le docteur John Snow pendant l'épidémie de choléra dans le quartier de Soho à Londres en 1854 : ayant représenté sur un plan la localisation des

malades et l'endroit où ils puisaient leur eau, il détermina que c'était l'eau d'un certain puits qui était le foyer de contamination.

Dans les années 1960, les cartes de l'Afrique de l'Est trop nombreuses pour permettre de localiser les meilleurs endroits pour créer de nouvelles implantations forestières font naître l'idée d'utiliser l'informatique pour traiter les données géographiques.

L'usage accru de ces techniques et méthodes dans la science et l'aménagement du territoire et pour le suivi, la gestion et la protection de la biodiversité a été permis par l'avancée de l'informatique, et encouragé par la prise de conscience environnementale. Cette évolution des applications a permis de nouvelles approches scientifiques transdisciplinaires et collaboratives. Et ce depuis les années 1970.

Il existe trois périodes principales dans l'évolution des SIG :

- fin des années 1950 – milieu des années 1970 : début de l'informatique, premières cartographies automatiques ;
- milieu des années 1970 - début des années 1980 : diffusion des outils de cartographie automatique/SIG dans les organismes d'État (armée, cadastre, géodésie, ...) ;
- depuis les années 1980 : croissance du marché des logiciels, développements des applications sur P.C Personnel Computer, mise en réseau (bases de données distribuées, depuis les années 1990, des applications sur Internet) et une banalisation de l'usage de l'information géographique (cartographie sur Internet, calcul d'itinéraires routiers, utilisation d'outils embarqués liés au GPS...), apparition de « logiciels libres » ou d'outils dédiés aux pratiques coopératives, etc.

II.3- Rôle et utilité du SIG

II.3.1-Modélisation

La construction du Schéma Conceptuel de Données (SCD) permet de modéliser la base de données en définissant les objets (classes d'objets), leurs attributs ainsi que leurs relations. Cette étape est nécessaire avant toute numérisation, elle sert de point de départ de la constitution des bases de données géographiques, et de support de dialogue entre les différents intervenants (décideurs, utilisateurs, prestataires, ...). Le but de modéliser est de se faire comprendre par le plus grand nombre.

La deuxième étape consiste à trouver le logiciel qui soit capable de transcrire et de « stocker » le schéma. Chaque logiciel possède implicitement un Modèle Conceptuel de Données, le MCD interprétera et stockera le Schéma Conceptuel de Données (SCD). Il est facile mais dommageable de faire l'inverse (modéliser à partir d'un logiciel), l'important étant le résultat, le logiciel n'étant qu'un outil.

II.3.2-La collecte des données

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

II.3.2.1-La collecte à partir de documents existants

Du papier (plan carte) au numérique, à partir d'une planche à numériser ou du scannage de la donnée sur l'écran de l'ordinateur, on numérise des objets dessinés sur le plan en données vecteurs. L'inconvénient de cette méthode est la retranscription des erreurs dues au support d'origine (déformation du papier, épaisseur du trait, ...) Si la donnée est scannée et géo-référencée c'est de la donnée « raster ».

II.3.2.2-La collecte à partir de photos

De la photo (scannée) ortho-rectifiée à la donnée vecteur, c'est une des principales sources pour une numérisation précise sur de grands territoires (la constitution de la donnée topographique de l'IGN pour l'ensemble du territoire se fait par photogrammétrie). La précision de la donnée est en relation avec la précision de la photo. Ce type d'acquisition nécessite soit des enquêtes terrain soit des croisements avec d'autres données pour qualifier la donnée ; la photo est une simple collection de pixels.

II.3.2.3-La collecte à partir d'image satellite

L'image satellite constitue la principale source d'information pour l'occupation du sol grâce à la télédétection.

La télédétection est l'ensemble des connaissances et techniques utilisées pour déterminer des caractéristiques physiques et biologiques d'objets par des mesures effectuées à distance, sans contact matériel avec ceux-ci.

II.3.2.4-La collecte à partir de donnée alphanumérique

La donnée littérale permet de créer de la donnée (géocodage) ou de l'enrichir.

II.3.2.5-La collecte à partir du terrain

Généralement utilisée pour des chantiers de petite taille ou en complément d'autres techniques.

- Levé G.P.S. (Global Positioning System) système de positionnement, à l'échelle du Globe, sur un ensemble de satellites artificiels.
- Lever à la planchette.
- Levé avec théodolite (mesure des angles) et/ou distancemètre.

II.3.3-Archivage

Les données acquises, il faut être capable de les stocker et de les retrouver facilement. C'est une des fonctions les moins visibles pour l'utilisateur. Elle dépend de l'architecture du logiciel avec la présence intégrée ou non d'un Système de Gestion de Base de Données (SGBD) relationnel ou orienté objet.

II.3.4-Analyse

Cette analyse se base sur la position de l'objet, sa forme, et les relations qui existent éventuellement.

La distance entre objets est une des fonctionnalités simples de l'analyse spatiale.

On peut travailler sur les relations entre les objets, par exemple en sélectionnant suivant une distance, une intersection, un positionnement, sans modifier les objets.

On peut travailler sur la topologie quand elle existe

On peut manipuler de la donnée en la découpant, la joignant, l'excluant.

II.3.5-Affichage

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

II.3.5.1-La notion d'échelle

La notion d'échelle n'a plus grand sens quand on utilise les systèmes d'informations géographiques. Il faut la remplacer par plusieurs notions (GIRARD in INRA, 1991) :

- **Niveau de précision des données** : type et nature des données, quantité des données, signification spatiale et sémantique des données.
- **Champs d'étude** : étendue sur laquelle portent les données acquises, ou sur laquelle porte l'étude.
- **Résolution spatiale** : surface sur laquelle on dispose d'une donnée.

II.3.5.2-Représentation des données à caractères spatiales

Deux sources principales de données spatiales alimentent les systèmes d'informations géographiques (SIG) : les images numériques raster (BALENT et LAUGA, VIDAL et HUBSCHMAN in I.N.R.A, 1991) et les structures vectorielles cartographiques avec pour corollaire l'émergence de SIG dit raster ou vecteur.

Un système d'information géographique stocke les deux composantes de l'information décrite par une carte : la description des objets spatiaux et leurs thématiques. Tous les systèmes n'utilisent pas la même approche pour réaliser cette gestion ; la grande majorité use toutefois une des deux techniques fondamentales de représentation : l'approche en mode objet (à structure vecteur) et l'approche en mode image (à structure raster ou en maille).

II.3.5.2.1-La donnée « raster »

Donnée où l'espace est divisé de manière régulière en ligne et en colonne; à chaque valeur ligne / colonne (pixel) sont associées une ou plusieurs valeurs décrivant les caractéristiques de l'espace.

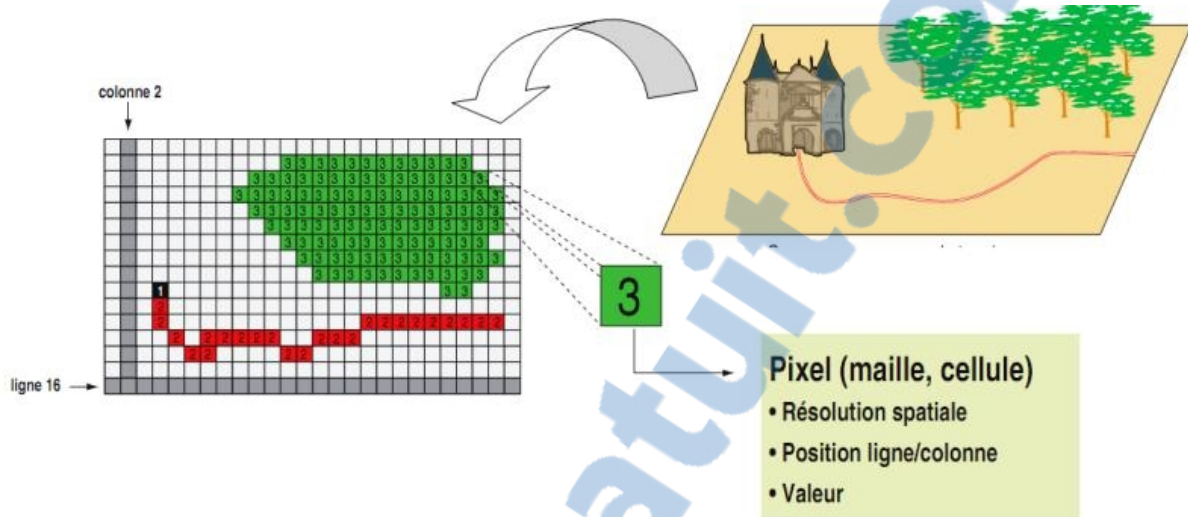


Fig. n° 09 : exemple de structure en mode raster

II.3.5.2.1.1-Le Modèle Numérique du Terrain d'altitude (MNT)

A chaque couple x et y est associé un z ce qui permet de créer un « squelette » du relief sur lequel on peut draper des images satellites ou des photos aériennes où les objets du sursol, maisons, arbres, ...

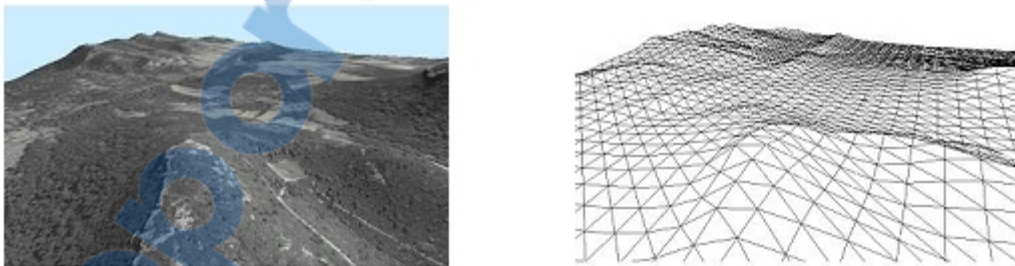


Fig. n° 10 : exemple de Modèle Numérique du Terrain (MNT)

A partir des MNT, on peut créer des produits dérivés tels que les courbes de niveau, les classes d'altitude, les cartes de pente.

II.3.5.2.2-La donnée « vecteur »

Pour représenter les objets à la surface du globe, les SIG utilisent trois objets géométriques qui sont le point, la ligne et la surface.

- **Le point :** L'objet le **plus** simple, il peut représenter à grande échelle des arbres, des bornes d'incendie, des collecteurs d'ordures, Mais à des échelles plus petites de type carte routière au 1/1 000 000^{ème}, il représente une capitale régionale.

- **La ligne** : La **ligne** représente les réseaux de communication, d'énergie, hydrographiques, d'assainissement, etc... Elle peut être fictive, en représentant l'axe d'une route, ou virtuelle en modélisant des flux d'information, d'argent, ...
- **La surface** : Elle **peut** matérialiser une entité abstraite comme la surface d'une commune ou des entités ayant une existence géographique comme une forêt, un lac, une zone bâtie, ...

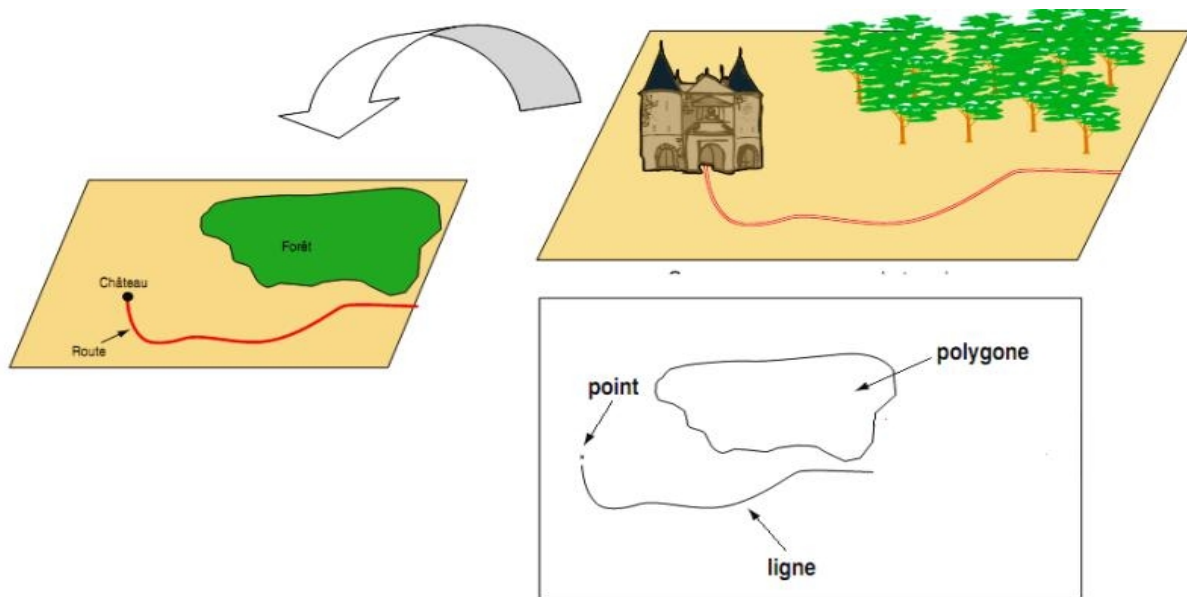


Fig. n° 11 : exemple de structure en mode vecteur

Pour présenter les objets géographiques, il est indispensable de structurer ces données spatiales par les modèles suivants :

II.3.5.2.2.1-Le modèle métrique (spaghetti)

Soit chaque segment est décrit indépendamment l'un de l'autre (fig. :12) : le segment S1 a pour sommets A et B qui sont décrits par deux coordonnées chacun, le segment S2 a pour sommets B' et C,

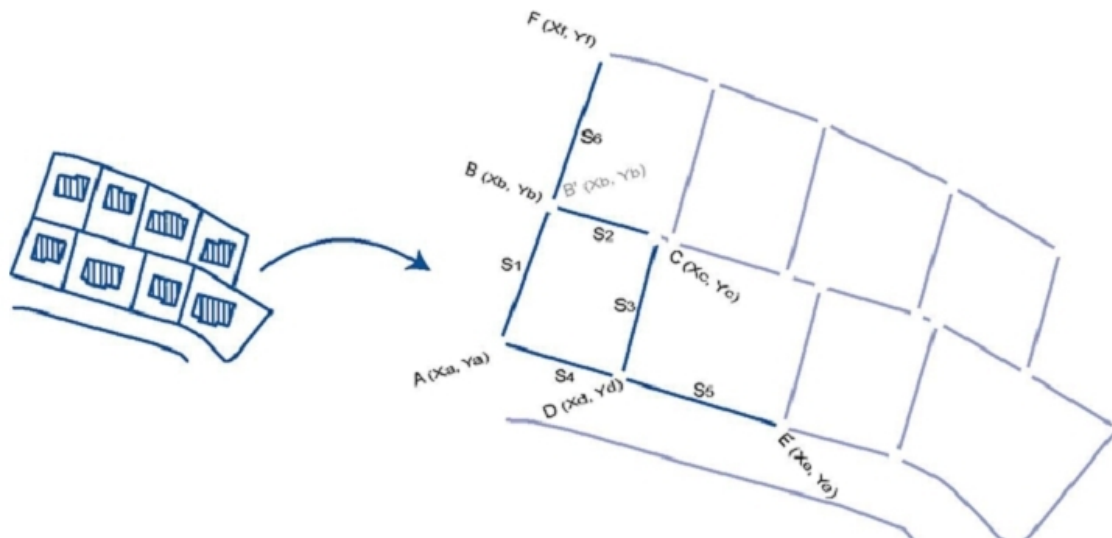


Fig. n° 12 : Le modèle métrique (spaghetti) en polyligne

Soit les objets sont décrits par polygones (fig. :13): le polygone P1 est constitué de quatre sommets A, B, C et D qui sont décrits par deux coordonnées chacun. Le polygone P3 est aussi constitué de quatre sommets mais dont deux (C' et D') se superposent avec les sommets C et D du polygone P1.

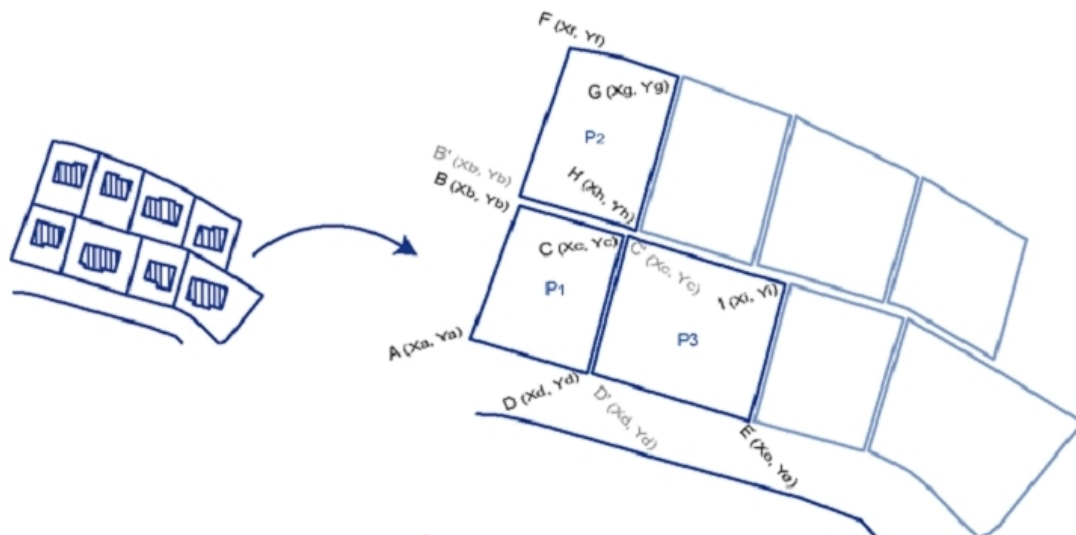


Fig. n° 13 : Le modèle métrique (spaghetti) en polygone

Ce modèle est utilisé par les logiciels de Dessin ou de Conception Assisté par Ordinateur. Chaque objet, segment ou polygone est indépendant l'un de l'autre ce qui ne permet pas de décrire la réalité mais de la dessiner. Si pour ça on voit souvent dans les fichiers mal structurés des problèmes additionnels :

- des chevauchements ou des interstices parmi les polygones adjacents ;
- des boucles dans les lignes ou les contours de polygones ;
- des dépassements ou des raccords manqués entre lignes ;
- des polygones non fermés.



Alors l'opérateur doit corriger ces objets avant de les analyser.

II.3.5.2.2-Le modèle topologique

Il existe deux niveaux topologiques :

- La topologie de réseau, décrit la relation entre des ensembles linéaires (polygones) par leurs extrémités qui sont les nœuds. Chaque arc possède un nœud de départ et un nœud d'arrivée permettant de connaître la relation entre deux arcs, ainsi que son sens. A partir de ces éléments nous pouvons calculer des itinéraires, des zones d'attractivités, ...
- La topologie de voisinage permet à partir des arcs constituant le polygone de connaître les voisins de chaque surface.

Tableau n° 03 : comparaison entre deux modes vecteur et raster

Mode	vecteur	Raster
Avantages	➤ Grande précision ➤ Stockage plus compacte des données ➤ Topologie complètement décrite par la liste des relations ➤ Représentation graphique précise ➤ Extraction, mise à jour et généralisation des graphiques et des attributs possible ➤ Plus adaptés à des données dont les limites sont parfaitement définies.	➤ Structure des données très simple ➤ Superposition et combinaison des données très aisée. ➤ Analyse spatiale aisée. ➤ Croisement thématique rapide et simple. ➤ Technologie relativement bon marché et en plein développement ➤ Plus adapté à des données dont les limites sont peu précises, données dont valeur varié graduellement en fonction de la distance.
inconvénients	➤ Croisement thématique plus complexe et plus long. ➤ Structure des données complexe. ➤ Combinaison, superposition très difficile à réaliser car chaque cellule est différente. ➤ Technologie chère car de haute précision graphique. ➤ Analyse spatiale coûteuse en temps de calcul.	➤ Précision liée à la taille. ➤ Taille des mailles dépendante du phénomène étudié. ➤ Gros volume de stockage. ➤ Topologie difficile à implanter ➤ Aspect visuel médiocre des documents.

II.4-Les Avantages et les inconvénients d'un (SIG)

Les systèmes d'informations géographiques bien qu'ils présentent énormément d'avantages pour l'utilisateur et notamment que c'est un précieux outil d'aide à la décision en particulier pour l'aménagiste, ils présentent tout de même certains

inconvenients que allons énumérés d'après la synthèse de plusieurs auteurs (ROBBEZ-MASSON et al in I.N.R.A, 1991).

II.4.1-Les avantages

- Le SIG contient non seulement une base de données mais également une base de connaissance.
- L'accès à toutes les informations et par tous les utilisateurs est nettement facilitée.
- Les possibilités de description des organisations spatiales sont beaucoup plus larges.
- Les modèles peuvent évoluer avec le progrès des connaissances générales et des données peuvent être régulièrement et aisément mises à jours.
- Les sorties finales se font tout de même sur papier : une carte restant un moyen privilégié d'exprimer un phénomène spécialisé.
- Il n'y a plus de contraintes graphiques lors de l'élaboration d'un modèle d'organisation spatiale (MOS) ; les changements d'échelles sont aisés.
- Des restitutions sur le thème finalisé (carte thématiques) sont rapidement réalisables.
- On peut produire différentes cartes à partir des mêmes données ponctuelles et des mêmes modèles d'organisation, en modifiant les options (modification de classe pour tel ou tel caractère).
- Il est possible, de façon quasi-illimitée, de croiser des données pédologiques par exemple avec d'autres données spatialisées non pédologiques (géomorphologie, climat, socio-économie, ...)
- Enfin, à l'aide de modèles de fonctionnement, on peut procéder à des simulations fournissant des images selon divers scénarios.

II.4.2-Les inconvenients

- Le système est complexe et difficile à gérer. La saisie est lourde (surtout si on désire informatiser des données anciennes). Les données sont difficilement accessibles à un utilisateur insuffisamment formé.
- L'information systématiquement quantitative peut donner à certains utilisateurs l'impression erronée d'une connaissance parfaite et mathématique d'où le risque d'utilisation abusive. A nouveau, il faut prévoir des codifications correspondant à des connaissances imprécises ou à des données absentes.

Partie I

Troisième Chapitre



III.1-Histoire de l'outil de la télédétection

Télédétection, ensemble des techniques et procédés utilisés pour obtenir une information sur un objet ou une zone à distance.

La télédétection est devenue possible le jour de la première photographie aérienne de paris (SCANVIC, 1983 : DUBUSQ, 1989 : BONN et ROCHON, 1993)

C'est en 1858, à partir d'un ballon captif dont la nacelle avait transformée en chambre noir, que GASPARD FELIX TOURNACHAN dit « NADAR » réalise la première photographie aérienne.

Les vecteurs aériens furent essayés depuis les batteries de cerf-volant par BATUT (1886) qui réussit à obtenir des photographies prises de plus de 100 m jusqu'au fusées par AMAUL (1906) et au modeste pigeon voyageur par NEUBRONNER en 1909.

C'est durant la première guerre mondiale que la photographie aérienne connaît son grand essor, plus de 10.000 photographies par jour. Le développement et l'essor technique de la photo-interprétation sont étroitement liés à la recherche des renseignements à des fins militaires.

Les développements survenus dans le domaine de l'aviation, depuis le début du 20^{ème} siècle, il était possible de sillonner le ciel et d'obtenir une vision d'ensemble du milieu qui était limitée dans un premier temps.

Parallèlement à cela, de nombreux capteurs ont développé la pellicule couleur en 1985, et la sortie du premier film couleur commercialisé par la société Kodak.

La photographie aérienne constitue le plus ancien support utilisé par les thématiciens donnant naissance à la photo-interprétation. Elle a toujours apporté une vision globale de notre milieu mais sans tendre le spectre des couleurs perceptible (domaine visible).

Le rayonnement infrarouge (domaine non visible) découvert par HARSHEL en 1800, n'a été utilisé pour la première fois qu'à partir de 1960 pour l'étude de la végétation et la détection des maladies des plantes avec le lancement des premiers satellites météorologiques TIROS1.

III.2-Définition de la télédétection

Apparu en 1971, le terme « télédétection » provient du grec **tele** qui signifie « loin » et du latin qui signifie « découvrir »

Plusieurs définitions furent données à la télédétection. On note

- Ensemble de connaissances et techniques utilisées pour déterminer des caractéristiques physiques et biologiques d'objets par des mesures effectuées à distance, sans contact matériel avec ceux-ci. (**Commission interministérielle de terminologie de la télédétection aérospatiale, 1988.**)
- La télédétection est définie comme l'ensemble des techniques mise en œuvre à partir d'avion, de ballon ou de satellites qui ont pour but d'étudier soit la surface de la terre ou d'autre planètes, soit l'atmosphère en utilisant les

propriétés des ondes électromagnétiques émises, réfléchies ou diffractées par les différents corps observés (SCANVIC, 1983).

- La télédétection est un moyen d'appréhender les objets et d'étudier leurs propriétés spectrales. Cela se fait en étudiant les caractéristiques des ondes électromagnétiques réfléchies ou émises par ces objets. Elle est basée sur le principe que chaque objet absorbe, émet, diffuse et réfléchit des rayonnements qui lui sont propres et que l'on peut enregistrer et analyser (DESHAYES et al, 1990).
- La télédétection regroupe l'ensemble des connaissances et des techniques utilisées pour l'observation, l'analyse, l'interprétation et la gestion de l'environnement à partir des mesures et d'images obtenues à l'aide de plateformes aéroportées, spatiales, terrestres ou maritimes. Ceci suppose l'acquisition d'information à distances, sans contact direct avec l'objet détecté (GIRARD et GIRARD, 1999).

III.3-Historique de la télédétection quelques dates

- 1839 : Mise au point de la photographie (NIEPCE, DAGUERRE).
- 1844 : Premières photographies aériennes réalisées depuis un ballon par Tournachon dit NADAR.
- 1856 : Le même NADAR fait breveter l'installation d'une chambre photographique à bord de la nacelle d'un ballon pour la prise de photographies aériennes verticales.
- 1858-1898: LAUSSEDAT expérimente systématiquement l'utilisation de la photographie aérienne (ballon) en cartographie et met au point les méthodes de la photogrammétrie.
- 1909: Premières photographies depuis un avion (WRIGHT).
- 1914-1918 : Utilisation intensive de la photographie aérienne comme moyen de reconnaissance pendant la 1ère guerre mondiale.
- 1919 : Mise au point du premier restituteur stéréoscopique moderne (appareil de POIVILLIERS) pour l'utilisation des photographies aériennes en cartographie topographique.
- 1919-1939 : Essor de la photographie aérienne pour la cartographie et la prospection pétrolière (Moyen-Orient).
- 1940 : Apparition des premiers radars opérationnels en Grande-Bretagne (bataille d'Angleterre).
- Depuis 1945: Développement continu de la photographie aérienne comme méthode opérationnelle de cartographie et de surveillance de l'environnement. Perfectionnement des appareils et des émulsions (infrarouge).
- 1957 : Lancement de Spoutnik 1, premier satellite artificiel.

- 1960-1972 : Développement parallèle de la technique des satellites et des capteurs (mise au point des radiomètres et radars imageurs).
- 1960 : Lancement de Tiros, premier satellite météorologique équipé de caméras de télévision pour le suivi des masses nuageuses.
- 1964-69 : Embarquement d'appareils photographiques à bord d'engins spatiaux habités.
- 1972 : Lancement d'ERTS, rebaptisé Landsat 1, premier satellite spécialisé de télédétection des ressources terrestres.
- 1974-78 : Mise en place, sous l'égide de l'Organisation Météorologique Mondiale, du réseau des satellites météorologiques géostationnaires.
- 1978 : Lancement de Seasat, premier satellite spécialisé dans la télédétection de l'océan, équipé, entre autres capteurs, d'un radar.
- 1982 : Apparition de la haute résolution spatiale pour l'observation de la Terre lancement de Landsat 4, équipé du radiomètre « Thematic Mapper ».
- 1986 : Lancement de SPOT 1 (Système Probatoire d'Observation de la Terre), satellite français de télédétection. Début de l'exploitation commerciale des images (Société Spotimage).
- 1991 : Mise en orbite et début de l'exploitation du satellite européen ERS-1, équipé de plusieurs capteurs passifs et actifs pour l'étude de l'environnement global de la planète.
- 1999 : Lancement par la société privée Space Imaging Corp. du satellite IKONOS, offrant des images à très haute résolution spatiale (1 m).

III.4-Système de télédétection spatiale

Dans le système de la télédétection, on distingue deux types de satellites à défilement selon leurs position vis-à-vis la terre : spécialisé à une partie de la terre (satellites géostationnaires) ou circulaires tournent autour de la terre (satellites héliosynchrones). Il existe plusieurs satellites utilisés pour l'étude des ressources terrestres :

METEOSAT, NOAA, LANDSAT.

Les deux types de satellites les plus utilisés sont : les satellites américains LANDSAT et les satellites français SPOT (tableau suivant)

Tableau n°04 : les principales caractéristiques des satellites LANDSAT et SPOT

Caractéristiques du système	LANDSAT TM	SPOT
Orbite :		
Type d'orbite	Héliosynchrone	Héliosynchrone
Altitude (Km)	705	830
Répétitivité	16 jours	26 jours
Capteurs :		
Acquisition	Miroir oscillant	Barrettes CCD
Résolution spatiale	30 m	20 m
Bandes spectrales :		

S ₁	0.45-0.52	0.50-0.59
S ₂	0.52-0.60	0.61-0.68
S ₃	0.63-0.69	0.79-0.89
S ₄	0.76-0.90	
S ₅	1.55-1.75	
S ₆	10.4-12.5	
S ₇	2.0-2.35	
Panchromatique		0.51-0.73
Dimension de la scène (Km)	185	60

Source (GIRARD et GIRARD, 1999)

Le système SPOT a été conçu dans les années 1970, le premier satellite SPOT a été mis en orbite le 22 février 1986 ; le SPOT2 a été lancé le 22 janvier 1990 ; le SPOT3 , le 26 septembre 1993 mais a cessé d'émettre ; le SPOT4 a été mis en orbite le 24 mars 1998, le SPOT5 est prévu pour le début de 2002.

Le LANDSAT (satellite exploite la terre) n'est qu'une transformation du nom des satellites ERTS1 du programme Earth Ressources Technological Satellite (ERTS), LANDSAT1 envoyé le 22 juillet 1972, il a fonctionné jusqu'au 06 janvier 1978 ; le LANDSAT2, envoyé novembre 1975, a fonctionné jusqu'au 27 juillet 1983, puis des anomalies ont affecté ses capteurs ; le LANDSAT3 lancé le 05 mars 1978, n'a plus fourni de données après le 07 septembre 1983 à la suite d'une panne dans le dispositif de balayage. Le LANDSAT4 lancé le 16 juillet 1982, n'émet plus de données TM depuis février 1983. Le LANDSAT5 lancé le 1^{er} mars 1984, fonctionne sans problème. Le LANDSAT6 lancé le 5 octobre 1993, s'est écrasé en mer lors du lancement. Le LANDSAT7 a été lancé avec succès le 15 avril 1999 et fournit des données.

Ces deux types de satellites permettent un grand nombre d'avantages :

- Une haute résolution ;
- Une fréquence accrue des observations d'une zone donnée suite aux possibilités de visées verticalement ou oblique ;
- Une couverture globale de la terre ;
- Une observation cyclique d'un lieu donné au même heur solaire ;
- Une vision stéréoscopique qui correspond à l'observation d'un même point sous deux angles différents.

III.5-Les bases de la télédétection

La télédétection étant un moyen d'observation de la terre, n'est possible que par l'étude des rayonnements électromagnétiques émis ou réfléchis par les objets au sol. Elle regroupe l'ensemble des techniques de collecte, de traitement et d'interprétation de l'information contenue dans ces rayonnements.

La télédétection repose sur le principe fondamental qu'il est possible d'établir une correspondance biunivoque entre le rayonnement mesuré et la nature de l'objet (FOURNIER et al, 1976 in MEDERBAL, 1983)

III.5.1-Le rayonnement électromagnétique

Les éléments essentielles de la télédétection sont les dispositifs d'enregistrements électromagnétiques ou « capteurs » porté par des plates-formes ou « vecteurs » et un ensemble de moyens assurant la transformation des informations recueillies en données facilement assimilables pour l'interprétation.

Les capteurs permettent d'acquérir les données concernant les objets étudiés dans une bande de donnée de longueur d'onde par l'enregistrement des luminances provenant de la terre. Ces dépendent non seulement des caractéristiques de la surface réfléchissante, mais aussi des facteurs atmosphériques et de la géométrie du système « soleil-cible-capteur ».

Les capteurs sont de types :

- **Les capteurs actifs** : sont à la fois émetteurs et récepteurs (les radars, les lasers...)
- **Les capteurs passifs** : sont uniquement récepteurs (les radiomètres, caméras...)

Les vecteurs sont de quatre sortes :

- Ceux qui opèrent à quelques mètres du sol : **grues**, ou **véhicules** qui supportent des radiomètres ou appareils photographique.
- Ceux qui opèrent entre la dizaine de mètre et la dizaine de kilomètre : **avions, hélicoptères et ballons**.
- Ceux qui opèrent entre la dizaine et la centaine de kilomètres : **ballons stratosphériques**.
- Ceux qui opèrent entre 200 et 40.000 Km : **satellites**.

On entend par le spectre magnétique la courbe de répartition de l'énergie diffusée par cette surface (réflectance dans le visible et le proche infrarouge, émittance dans le thermique) en fonction de la longueur d'onde.

Les principales zones employées dans la mesure de la télédétection sont :

- **Les ondes non visibles** :
 - Ultraviolet (0,35-0,40 μ m)
 - Proche infrarouge (0,70-0,90 μ m)
- **Les ondes visibles** :
 - Visible (0,40-0,70 μ m)

L'œil humain ne peut voir que la synthèse des trois bandes suivantes :

- 0,40-0,50 μ m (bleu)
- 0,50-0,60 μ m (vert-jaune)
- 0,60-0,70 μ m (rouge)

Les techniques de télédétection se différencier les unes des autres par le type de vecteur (avion ou satellite), le mode d'acquisition (analogique ou numérique), la résolution spatiale, la gamme spectrale utilisée et la surface observée.

L'atmosphère ne laisse passer le rayonnement solaire que dans un nombre limité de bandes spectrales appelées fenêtre atmosphériques. Si l'atmosphère est relativement transparente dans le visible et présente une large fenêtre ce qui explique la non utilisation de cette portion de spectre en télédétection.

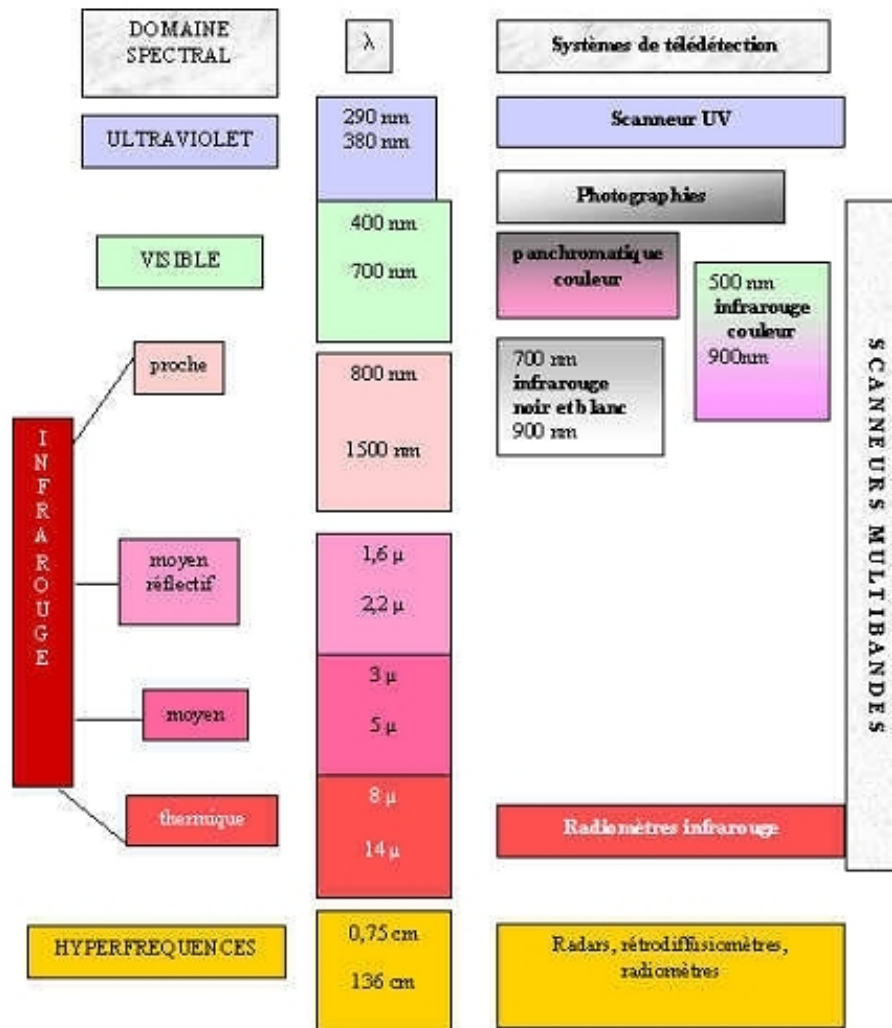


Fig. n° 14 : les spectres électromagnétiques utilisés par la Télédétection (GIRARD et GIRARD, 1999)

III.5.1.1-Source d'énergie électromagnétique

Dans le domaine de la télédétection, et comme il a été démontré par plusieurs expériences, les objets ont des comportements spécifiques dans les différentes longueurs d'ondes, et ce en fonction de leurs propriétés physiques et morphologiques. Chaque élément de la surface du terre peut d'une part absorber, transmettre ou réfléchir les rayonnements envoyés par une source électromagnétique naturelle (télédétection passive) ou artificielle (télédétection active).

- **Source naturelles :** les sources naturelles sont encore appelées source thermiques. Le corps noir est le radiateur parfait, car il émet toute l'énergie absorbé. Le rayonnement du soleil correspond à peu près à celui du corps noir.

La terre représente aussi une source d'énergie qui émet essentiellement dans l'infrarouge lointain. Tous les objets se trouvant sur la surface de la terre émettent des radiations lorsque leur température est supérieure à -273°C .

- **Source artificielles :** les sources artificielles sont constituées par les différents appareils tels que les lasers et les radars. Elles consistent en une production artificielle d'un rayonnement et enregistrement du signal réfléchi par la surface visée.

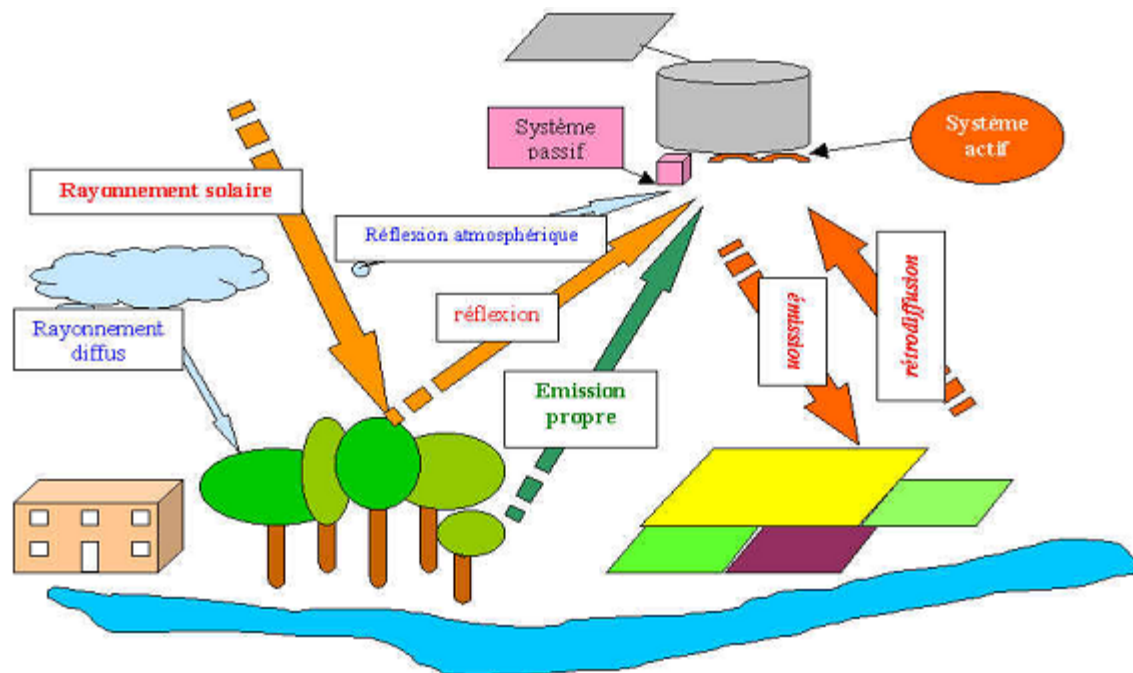


Fig. n°15 : capteur actif et capteur passif

III.5.2-La réponse spectrale

Chaque objet réfléchit une partie des rayonnements qu'il reçoit. Le rapport de l'énergie réfléchie à l'énergie totale incidente est appelé albédo. En télédétection optique on a coutume de parler de réflectance pour désigner la proportion d'énergie réfléchie dans une direction donnée, notamment dans la direction du capteur. La variation de la réflectance en fonction de la longueur d'onde est appelée signature spectrale.

III.5.2.1-La végétation

Les feuilles de la végétation contiennent de la chlorophylle. La chlorophylle est une molécule qui absorbe fortement les rayons bleus et rouges, et qui réfléchit dans le vert. C'est pourquoi la végétation nous apparaît verte.

Mais la végétation réfléchit également dans le proche infrarouge (PIR), rayonnement dont les longueurs d'onde sont comprises entre 0,7 et 1,3 micromètres (μm) et qui sont proches des longueurs d'onde des rayons lumineux rouges. Dans ce domaine de longueur d'onde, ce ne sont plus les pigments qui sont responsables de la réflexion

mais la structure du feuillage (le parenchyme lacuneux, un des composants des feuilles, réfléchit le rayonnement proche infrarouge). Si notre œil était sensible aux rayons du proche infrarouge, la végétation nous paraîtrait très fortement colorée en infrarouge. Pour pouvoir étudier la végétation en télédétection, il faudra donc un capteur sensible au proche infrarouge.

Une végétation saine sera très lumineuse dans le PIR, tandis qu'une végétation malade ou souffrante de la sécheresse effectuera peu de synthèse chlorophyllienne et apparaîtra peu lumineuse dans le PIR. L'analyse de la proportion de lumière infrarouge réfléchie donne donc une mesure de la santé de la végétation, ou permet d'estimer le degré de maturité d'une culture (maïs, blé, ...). Une culture arrivée à maturité n'effectue presque plus de photosynthèse ; elle sera peu lumineuse dans le PIR.

III.5.2.2-L'eau

L'eau absorbe plus les grandes longueurs d'onde (proche infrarouge, rouge et vert) et réfléchit plus les petites longueurs d'onde (bleu). C'est pourquoi elle nous apparaît bleue (ou bleu-vert si l'eau contient des algues vertes). En télédétection, l'eau apparaîtra lumineuse dans le bleu et peu lumineuse (donc sombre) dans le vert, le rouge et le PIR.

III.5.2.3-Le sable ou un sol nu

Le sable ou un sol nu sont réfléchissants pour tous les rayons bleus, verts, rouges et PIR : ils apparaissent très lumineux et donc « blancs » en télédétection. Un sol humide ne réfléchit pas les rayons PIR, car l'eau absorbe ces rayonnements.

Le pixel

Une image satellite est constituée de nombreux carrés appelés pixels. Le pixel représente la plus petite unité figurant sur une image satellite, il est extrêmement important. Réunis, les pixels fournissent toute l'information qui constitue l'image dans son intégralité.

Résolution (spatiale)

Le premier fait important à connaître concernant une image satellite est sa résolution spatiale.

La résolution spatiale d'une image est la plus petite distance entre deux objets adjacents que le capteur puisse identifier.

III.6-Valeur des pixels

Chaque pixel d'une image a une valeur. Cette valeur correspond à l'intensité du rayonnement réfléchi par l'objet observé dans la gamme de longueur d'ondes auxquelles le capteur est sensible.

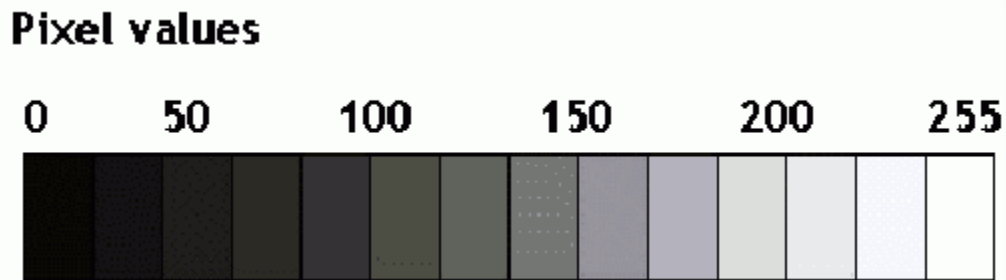


Fig. n°16 : nuance ou niveau de grille d'un pixel

La valeur du pixel varie de 0 (= noir) à 255 (= blanc). On a par conséquent 256 possibilités, ce qui correspond à 1 octet. Cela représente la «quantité » de rayonnement détectée par un capteur, allant du minimum au maximum. Le nombre de niveaux donne une indication quant à la précision de la mesure : plus il y a de niveaux (donc plus il y a de bits), plus détaillée sera la mesure et donc plus précise sera la mesure de la variation du rayonnement.

III.7-Composition colorés Rouge-vert-bleu (RVB)

Le bleu, le vert et le rouge sont les couleurs primaires du spectre visible. La combinaison de ces trois couleurs en proportions diverses permet d'obtenir toutes les autres (jaune, orange, mauve, ...). Le capteur ETM du satellite Landsat enregistre dans 7 bandes spectrales dont le rouge, le vert, le bleu et le proche infrarouge. Si la couleur rouge est attribuée aux valeurs de la bande rouge, la couleur bleue à celles de la bande bleue et la couleur verte à celles de la bande verte, la combinaison de ces trois bandes fournit une image en couleurs réelles.

C'est la raison pour laquelle ces combinaisons sont appelées des images en vraies couleurs.



Fig. n°17 : Affectation réelle des couleurs

Si par contre, on attribue la couleur rouge aux valeurs enregistrées dans le proche infrarouge (auquel notre œil n'est pas sensible), la couleur verte aux valeurs enregistrées dans le rouge et la couleur bleue aux valeurs enregistrées dans le vert, on obtient une image en fausses couleurs de la zone étudiée.

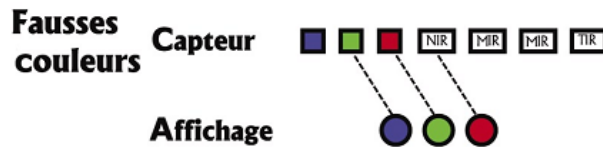


Fig. n°18 : fausse affectation des couleurs

Dans ce type d'image composée, la végétation très lumineuse dans le proche infrarouge sera colorée en rouge, tandis que l'eau peu réfléchissante dans le vert, le rouge et le PIR sera noire. Le sol apparaît blanc, car il réfléchit beaucoup dans le vert, le rouge et le PIR.

III.8-Classifications

Les diverses méthodes de classification peuvent être séparées en deux groupes:

III.8.1-Les méthodes de classifications non assistées

Les données sont classées en fonction de leurs caractéristiques spectrales, sans aucune information a priori sur la nature des objets à classer. L'interprète intervient pour fixer un nombre de groupes, des seuils, ... (en anglais non supervised classifications). Les méthodes les plus courantes sont des classifications ascendantes hiérarchiques (CAH) ou des classifications à partir de centres mobiles.

III.8.2-Les méthodes de classification assistées

Les données sont classées vis à vis d'objets de référence, choisis par l'interprète. Ceux-ci peuvent être soit définis à partir de comptes numériques sur un histogramme à plusieurs dimensions (méthode hypercube, cross-plots en anglais), soit à partir de polygones d'entraînement repérés géographiquement sur l'image (méthode du maximum de vraisemblance). En anglais : supervised classifications.

Tableau n° 05 : Intérêt des différentes méthodes

Méthodes	Avantages	Inconvénients
Classifications non Assistées	➤ Utiles pour réaliser une première segmentation des images en grands thèmes d'occupation du sol. ➤ Cette segmentation pourra être utilisée pour réaliser un masquage des thèmes non concernés par l'étude	Le regroupement des valeurs de comptes numériques crée des classes dont la signification thématique est parfois difficile à identifier
Classifications Assistées	Les classes obtenues ont une signification thématique précise	Le temps de réalisation est long, en particulier pour le choix et la délimitation des zones d'apprentissage

Partie I

Quatrième chapitre



La politique de lutte contre les incendies de forêts repose sur une stratégie globale de prévention, de prévision et de lutte.

La stratégie consiste à la définition d'actions cohérentes intervenant selon une logique séquentielle pour réaliser ou pour atteindre un ou des objectifs ou « art de coordonner l'action des forces militaires pour conduire une guerre, gérer une crise ou préserver la paix »

Ces deux définitions tirées du « site WIKIPEDIA », semblent applicables à la problématique feu de forêt.

La première peut s'appliquer à la mise en place du dispositif de prévention et la seconde plus martiale à la lutte incendie proprement dite.

Le but commun étant de réduire le nombre d'incendies et la surface incendiée. Elle peut se décliner de la manière suivante :

- Améliorer le fait de défendre, réduire la vulnérabilité et l'aléa des espaces concernés par l'aménagement, de la réglementation, de l'animation, de l'information : la prévention.
- Améliorer la lutte par la mise en place d'un dispositif opérationnel en période estivale la prévision et la lutte.

IV.1-La prévention

La prévention est l'ensemble des actions visant à empêcher tout départ de feu (COLIN et al, 2001).

Les actions de prévention sont:

- La recherche des causes d'incendies ;
- L'information et la sensibilisation du publique ;
- La mise hors risque des installations susceptibles de provoquer des départs de feu ;
- La dissuasion : surveillance dissuasive, définition d'un cadre législatif dissuasif et répressif.
- La réglementation de l'accès en forêt.

IV.1.1-Information et sensibilisation

Ont pour objectif de développer chez les citoyens une prise de conscience de risque d'incendie et une meilleure connaissance des comportements à risque. Il est nécessaire de bien cibler les interlocuteurs et de bien choisir les moyens et actions à mettre en œuvre.

Un cadre législatif à la fois préventif et répressif est le complément indispensable des actions précédentes.

Les feux de forêts résultent en grande partie des activités humaines, soit par imprudences ou accidents, soit à la suite d'actes criminels. La prévention nécessite

donc de faire évoluer les comportements humains, en informant et en sensibilisant les différentes catégories de la population.

Information et sensibilisation n'a pas pour but de fournir des connaissances scientifiques aux citoyens, mais de leur donner envie d'agir pour protéger la forêt et de prendre des responsabilités.

Une communication efficace doit répondre aux trois questions suivantes :

- Quel public recherche t'on à atteindre ?
- Quel message veut-on faire passer ?
- Quel outil de communication faut-il utiliser ?

La réponse à chacune de ces questions doit s'articuler avec les deux autres.

La formation permet d'approfondir les connaissances scientifiques, techniques, pratiques ou pédagogiques. Mais avant de débiter toute action de communication, il est important d'analyser les actions précédents et d'évaluer l'impact des messages sur les cibles à courte, moyen et long terme, afin d'alimenter la réflexion pour les nouvelles opérations.

IV.1.1.1-Les publics visés

Pour bien communiquer, il faut bien connaître les cibles, leur niveau d'information, leur opinions, leurs attitudes, leur motivations, leur valeurs... Une étude préalable est indispensable afin de mieux connaître les comportements et la sensibilité de public vis-à-vis de la forêt, des incendies et des actions de préventions et de lutte.

IV.1.1.1.1-Sensibilisation ciblée

Il est toujours plus efficace d'agir sur une catégorie de la population. Ceci permet d'adapter les actions de sensibilisation en fonction des caractéristiques du groupe d'individus. On peut isoler des cibles :

- Enfants et adolescents, au sein du milieu scolaire, des mouvements de jeunes ou des centres de vacances. Les enfants sont des interlocuteurs privilégiés, car sensibles à tout ce qui concerne le milieu naturel. Ils peuvent transmettre le message à leurs parents.
- Responsable de l'aménagement du territoire (élue locaux, représentant de l'Etat...)
- Professionnels agricoles ou forestiers travaillant dans ou à proximité de la forêt.
- Toutes les personnes résidant en forêt et en lisière de celle-ci.
- Propriétaires forestiers.
- Touristes.

IV.1.1.1.2-Sensibilisation de masse

La communication sur la forêt méditerranéenne est en grande partie liée à l'incendie. Elle doit faire en sorte que les gens s'interrogent sur les raisons de protéger la forêt, puis sur les moyens d'y parvenir (COLIN *al*, 2001).

Trois grands types de messages peuvent être construits :

- Message utilitaire ; (empêche la forêt de brûler), en direction des groupes d'individus identifiés comme responsables des feux (agriculteurs, pasteurs, ouvriers forestiers, chasseurs...). Il s'agit d'informer sur les lois, règlements et interdictions ainsi que de former.
- Message choc ; (le feu est une catastrophe), à destination du grand public. Il s'agit de provoquer une réaction de rejet de l'incendie, afin de faire en sorte que la population soit attentive au feu. Il est préférable d'éviter le spectacle des flammes et de montrer la forêt calcinée. L'effet est principalement à courte terme.
- Message éducatif ; (aimer, connaître, protéger), à destination des enfants et du grand public. Il s'agit d'enseigner le fonctionnement de la forêt et de donner une information pour induire une attitude positive durable.

IV.1.1.2-Les outils de communication

Les actions d'information et de sensibilisation peuvent être directes (messages publicitaires) ou indirectes (participation à des travaux forestiers). Ces actions utilisent différents vecteurs (médias, patrouilles sur le terrain, panneaux, réunions publiques...) et peuvent être organisées par des intervenants aussi divers que des représentants de l'Etat ou de collectivités locales, des organisations non gouvernementales, des associations de bénévoles...

Le vecteur est un outil qui dépend fortement de la cible et du message.

L'approche participative peut également être un bon moyen de sensibilisation :

- La participation de la population à des reboisements peut faire prendre conscience de la nécessité de préserver et de régénérer la forêt.
- Des chantiers de jeunes (débroussaillage, élagage) permettent à des adolescents de découvrir le milieu naturel.

L'approche participative permet en outre d'établir ou de renforcer des relations de confiance entre les gestionnaires forestiers et la population locale.

IV.1.1.3-Analyse des actions de communication

Pour évaluer l'impact d'une campagne de communication, deux types de méthodes sont possibles :

- Celles qui utilisent comme critères d'efficacité l'accomplissement d'objectifs concrets (ex : réduction du nombre de départ de feu ou des surfaces brûlées)

pendant la période suivant la campagne de communication, par rapport à une période de référence)

- Celles qui s'intéressent à la communication elle-même : le message est-il reçu, compris, apprécié ?

Les pré-tests interviennent au cours de la création de la campagne, en recueillant les réactions face au document d'un échantillon restreint du public visé, à l'aide de techniques d'entretien qualitatives (ex : le message est-il compréhensible ? quels éléments visuels sont perçus comme signifiants ?). Les réactions sont utilisées pour modifier les documents. Les pré-tests sont plus une aide à la création d'une campagne qu'une analyse de l'existant.

Les tests d'impact consistent à mesurer auprès d'un échantillon de la population cible des variables telles que le taux de reconnaissance de la campagne, le contenu du souvenir...

Ces méthodes font donc appel à la mémoire des membres de l'échantillon.

IV.1.1.4-La formation

La formation permet d'acquérir des connaissances plus approfondies sur les incendies et les relations étroites existant entre ceux-ci et les activités humaines.

Elle peut être réalisée :

- Auprès des jeunes, lors de la formation scolaire, sous la forme de modules spécifiques.
- Auprès des enseignants, qui sensibiliseront ensuite leurs élèves.
- Auprès des personnes travaillant en forêt : précautions à prendre lors de l'utilisation du matériel, activités à proscrire, valorisation de certaines techniques d'exploitation moins dangereuses...
- Auprès des élus des collectivités locales.
- Auprès des personnes agissant pour la prévention et la lutte. Ex : en Turquie, les ouvriers chargés de la détection et de la lutte reçoivent une formation de trois semaines.
- Auprès de bénévoles voulant s'investir dans la protection des forêts contre les incendies.

IV.1.2-Le cadre législatif

Sensibiliser et informer ne suffisent pas toujours ; il faut alors imposer. La définition d'un cadre législatif, à la fois préventif et répressif, réglementant les interventions humaines en forêt ou à la périphérie (travaux agricoles, parcs d'attraction, construction en forêt...) permet de réduire les risques d'éclosion d'un feu.

IV.1.2.1-Législation préventif

Contrôle des activités humaines :

Les activités agricoles, pastorales ou forestières en forêt ou à proximité doivent être contrôlées, voire interdites lorsque les risques d'incendie sont importants.

En Maroc, du 1er juillet au 31 octobre ; la réglementation interdit la carbonisation et l'incinération des broussailles, herbes, chaumes sur pied situés à moins de quatre kilomètres de la forêt.

En France et à Chypre, de nombreuses pistes d'accès aux massifs forestiers sont fermées à la circulation publique par un système de barrière s'ouvre avec une clé unique ; chaque responsable (surveillance, lutte...) en possède un exemplaire.

Occupation des sols :

Le découpage du territoire en propriétés (cadastre) doit être consigné sur des documents officiels et matérialisé très clairement sur le terrain, tout particulièrement lorsqu'il s'agit de forêts de l'Etat, ceci permet de décourager toute tentative d'appropriation foncière (spéculation immobilière, défrichement pour l'extension des zones agricoles...).

Pour faire face à la dissémination des constructions en forêt (habitation, résidences touristique...), il est indispensable de réglementer l'occupation des sols, notamment en interdisant de construire dans des zones sensibles présentant des risques d'incendie importants.

En France le code forestier permet d'assurer la protection des massifs et des biens menacés, mais c'est le code de l'urbanisme qui régit le droit de construire en s'appuyant sur le Plan d'Occupation des Sols (POS). Ce dernier définit les zones constructibles, notamment en fonction des risques naturels. Le risque incendie de forêt est pris en compte par le Plan de Prévention de Risque (PPR), instauré par la loi n°95-101 du 2 février 1995. Le PPR est une servitude d'urbanisme opposable aux tiers. Il est annexé au POS.

Le PPR consiste à délimiter :

- Les zones directement exposées aux risques d'incendie ;
- Les zones où certains usages ou occupations du sol pourraient aggraver les risques ou en susciter de nouveaux.

Ce zonage a pour but de réglementer les projets d'installations nouvelles (habitations, site industriels...) et de définir les mesures de préventions et de protection des constructions existantes.

Débroussaillments :

Le débroussaillage et le maintien en état débroussaillé peuvent être rendus obligatoires dans les zones sensibles : autour des habitations ou constructions, des dépôts d'ordures, le long des routes et des pistes, des voies de chemins de fer, les lignes électriques.



Ex : au Maroc, les habitations, bâtiments ou chantier situés en forêt ou à moins de 200 m des limites forestières doivent être entourés d'une tranchée de 25 m sans végétations. En France et Algérie la loi oblige de respecter 50 m comme bande débroussaillé

IV.1.2.2-Législation répressive

Elle a pour objectif la dissuasion : les responsables d'incendies doivent être identifiés, jugés et sanctionnés. La sanction est variable suivant le degré de responsabilité du coupable et les dégâts engendrés : elle peut aller de l'amende à la prison.

IV.1.2.3-Application des lois

L'existence d'un cadre législatif permettant de réglementer les activités humaines en forêt ou en périphérie ne suffit pas. Dans la pratique, il faut que les lois soient appliquées, et un contrôle est nécessaire pour veiller à cette application.

Même si la législation répressive prévoit des sanctions pour les responsables d'incendie, l'application de celle-ci peut poser problème :

- L'identification des causes d'un incendie est difficile, celle des responsables l'est encore plus ;
- Pour un incendie volontaire, la responsabilité d'un individu doit être clairement déterminée (pyromanie malade ou acte délibéré) ;
- Pour un incendie involontaire, il est parfois difficile de juger du degré de responsabilité de l'auteur, négligence ou accident.

IV.2-La prévision

La prévision est définie comme l'ensemble des actions réalisées et visant à empêcher que les feux ne se développent ainsi qu'à limiter les conséquences des incendies (COLIN et al. 2001).

D'après les mêmes auteurs, les mesures de prévisions sont de deux types :

- Les mesures qui préparent la limitation du phénomène de façon active, au moyen de la lutte en :
 - a. Maîtrisant les éclosions au stade initial ;
 - b. Limitant l'extension des incendies qui n'ont pas pu être éteints au stade initial.
- Les mesures qui visent à agir sur le phénomène de façon passive, en réduisant la puissance naturelle du feu, par une action préalable sur la végétation.

En pratique, ces deux approches sont étroitement liées. En effet, la réduction de la puissance naturelle du feu facilite le travail des équipes de lutte et leur permet d'agir dans de meilleures conditions de sécurité.

IV.2.1-La détection

La surveillance repose sur l'association des différents moyens d'observation et de détection, mobiles ou fixes, terrestres ou aériens.

L'association, les jours à risques très élevés, de la surveillance et de la première intervention réalisée par une même équipe disposant de moyens terrestres ou aériens adéquats, se révèle particulièrement efficace pour intervenir rapidement sur un feu naissant.

IV.2.1.1-Guet fixe

Il est préférable que le guet fixe soit assuré à partir d'infrastructure spécifique ; les tours de guet, encore appelées postes vigies. L'absence de construction rend la surveillance plus difficile.

Les tours doivent être situées sur des points, permettant de visualiser l'ensemble du territoire. Leur nombre peut être variable, notamment en fonction du relief qui peut limiter fortement la visibilité, mais l'essentiel est d'assurer la meilleure couverture possible du territoire.

Ces tours doivent être protégées du feu (débroussaillage, système d'arrosage)

La qualité de la surveillance par un réseau de vigies fixes dépend principalement de trois facteurs :

- Le choix de l'implantation des postes ;
- Les caractéristiques de l'équipement (qualité technique des postes et des instruments qui les équipent) ;
- Les règles d'exploitation du réseau (présence et qualité du personnel, consignes de travail).

IV.2.1.2-Guet mobile terrestre

Un guet mobile terrestre complète utilement la surveillance à partir de postes fixes. Il s'agit de patrouilles à pied, à bicyclette, à cheval ou en voiture, ayant un rôle de détection des feux, d'information du public, de contrôle des activités humaines pouvant présenter des risques d'incendie, de dissuasion et par fois de répression.

Les patrouilles sont plus performantes si les personnels qui les composent sont des professionnels qui connaissent le comportement du feu et le terrain.

IV.2.1.3-Guet aérien

La surveillance à l'aide de moyens aériens est de deux types :

- Le guet aérien : l'avion a pour seule mission de détecter d'éventuels départs de feu et d'avertir les services de lutte.
- Le guet aérien armé : l'avion possède une réserve d'eau et associe surveillance et première intervention.

Ce type de surveillance reste peu développé dans le bassin méditerranéen. Les réticences proviennent du coût inhérent à ce système de détection.

IV.2.1.4-Système automatisés

Ce mode de surveillance, grâce à l'arrivée de nouvelles technologies, commence à se développer. Il est utilisé soit en doublure sur les tours de guet, soit de façon autonome. Il existe trois grands types de matériels :

- Caméras visible : la réception des images est effectuée par une caméra opérant dans le domaine visible. Les images sont transmises au poste d'observation. La détection d'un feu est faite sur écran par un observateur ou par comparaison automatique d'image. L'inconvénient est que ce matériel ne peut être utilisé que de jour.
- Capteur vidéo : le système est composé de plusieurs caméras vidéo CCD et d'une unité de traitement capable d'identifier la « signature » d'une fumée de feux de forêt. De nuit comme de jour, il assure les fonctions de détection de fumée sur une surface d'environ 3 000 hectares et d'envoi rapide des informations à un ou plusieurs postes de commandes ;
- Capteurs infrarouge : un capteur opère dans le domaine infrarouge thermique (longueur d'onde de 10 à 12,5µm). la détection est facile par comparaison automatique d'image. Ces capteurs ont l'avantage de pouvoir être utilisés la nuit, mais les coûts d'installation sont élevés.

Tous ces appareils fonctionnant uniquement en visée directe, le relief souvent tourmenté des bords du bassin méditerranéen impose de multiplier les capteurs si l'on veut couvrir correctement le territoire (COLIN et *al.* 2001).

IV.2.1.5-Intervention de la population locale

La participation de la population à la détection des feux peut être d'une grande utilité. Un numéro d'appel mis gratuitement à la disposition du public renvoie directement au centre de coordination, aux services forestiers ou à la police.

IV.2.2-Equipement de terrain

Les équipements sont réalisés pour la lutte. Ils ont pour objectifs :

- De permettre aux équipes de lutte d'accéder au feu le plus rapidement possible (voies de circulation) ;
- De faciliter l'intervention des moyens de secours (zone d'appui, points d'eau).

Leur conception et leur réalisation doivent permettre aux équipes de secours de travailler dans les meilleures conditions de sécurité possibles.

« un dicton classique affirme qu'il suffit d'un verre d'eau pour éteindre le feu pendant la première seconde, un seau d'eau pendant la première minute, et qu'ensuite... » (CEMAGREF, 1989).

Les ordres de priorité dans la construction des équipements doivent également dépendre du niveau de risque et de l'importance de la menace.

IV.2.2.1-Voies de circulation

Pour accéder au feu, se positionner sur les points stratégiques ou se ravitailler en eau, les véhicules de lutte utilisent l'ensemble des voies de circulation disponibles : réseau routier, pistes a usages divers (défense des forêts contre l'incendie, circulation publique, exploitation forestière...)

Les voies de circulation remplissent les fonctions suivantes :

- Permettre les déplacements des engins de lutte (accès rapide au feu et ravitaillement en eau) ;
- Constituer en certains cas des zones sécurisées où les équipes de lutte peuvent combattre le feu ;
- Assurer la circulation des patrouilles de surveillance dans un cadre préventif.

IV.2.2.2-Réseau routier

Le réseau routier doit être débroussaillé le long des tronçons situés à proximité de massifs forestiers.

IV.2.2.3-Piste

Les pistes constituent un équipement très important pour la protection des forêts contre les incendies.

Reliées au réseau routier, elles doivent permettre les déplacements et la lutte à l'intérieur d'un massif forestier ou en périphérie, et cela en toute sécurité. On distingue différents types de pistes, selon leur fonction principale :

- Les voies de transit et d'accès au massif. Ce sont de véritables routes forestières permettant à des véhicules à pleine charge d'eau d'avoir accès rapidement aux zones sensibles du massif. Elles sont bordées de chaque côté d'une bande débroussaillée assurant la sécurité du transit ;
- Les lignes de lutte permettent de lutter contre un feu modéré. Elles sont plus sommairement aménagées que les voies de transit.

De nombreuses pistes ont de multiples usages : exploitation forestière, voie de communication entre villages, accès aux habitations, tourisme. Cette multifonctionnalité augmente les risques d'incendies liés aux activités.

Deux éléments essentiels sont à prendre en compte dans le choix de l'implantation des pistes : le relief et les scénarios de feu.

En terrain plats, le réseau de piste peut former un quadrillage régulier. En zone de relief, les pistes seront implantées selon les schémas (Fig. n° 19).

La densité du réseau dépend de la sensibilité au feu de la zone, des enjeux de la protection, mais également des contraintes financières car les équipements sont coûteux.

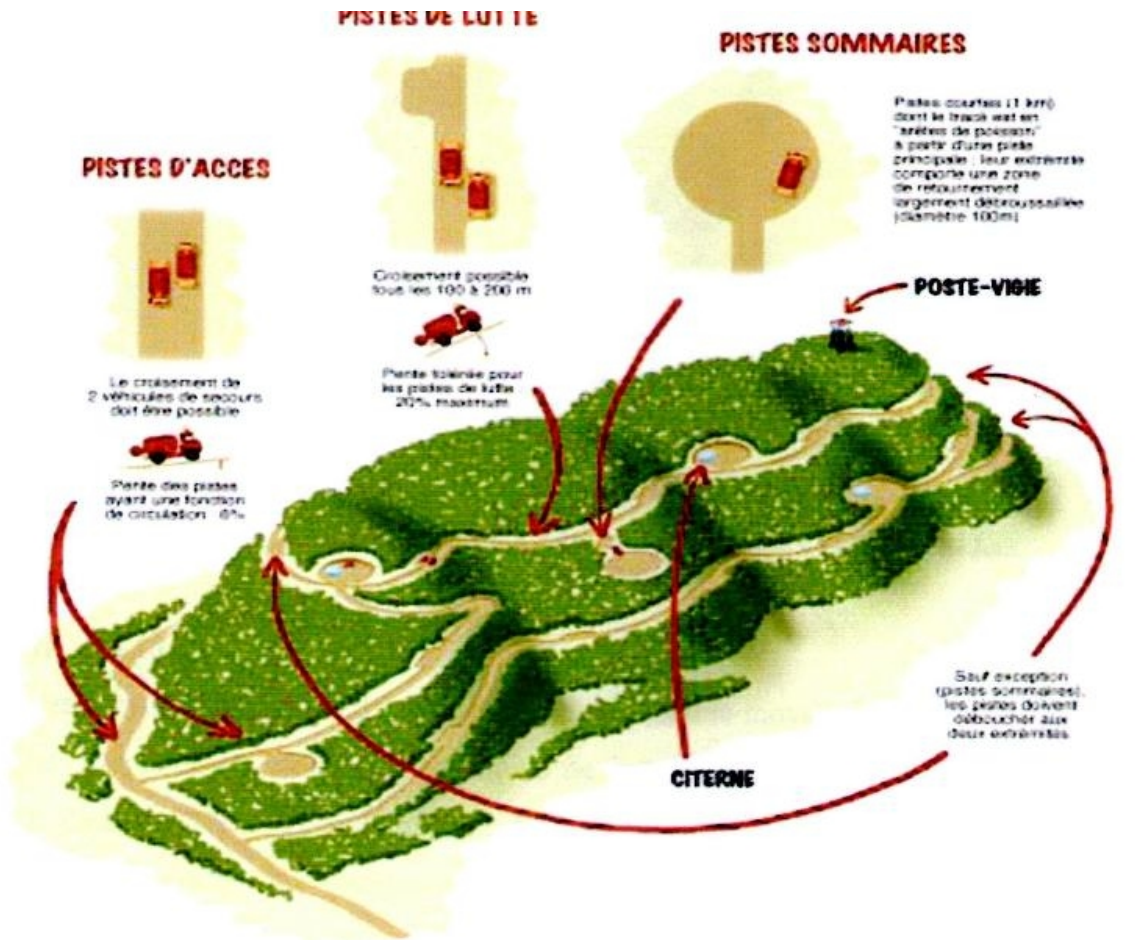


Fig. n° 19 : implantation d'un réseau de piste (COLIN et al, 2001)

IV.2.2.4-Zones d'appui « ligne de combat préparées à l'avance : LICAGIF »

Les discontinuités spatiales sur de grande surface (pare-feu ou coupure de combustibles) sont des zones d'appui sécurisées pour l'attaque du feu.

Les Lignes de Combats préparées à l'Avance contre les Grands Incendies de Forêts (**LICAGIF**) sont des structures spécifiques, composées d'un ensemble d'équipement de prévision, permettant de lutter contre ces incendies catastrophiques (Fig. n° 19).

L'implantation en crête de cet équipement est directement liée au ralentissement des feux sur ces secteurs. Le choix de ligne de crête à équiper découle des études de scénarios de feux et correspond à des choix stratégiques de lutte.

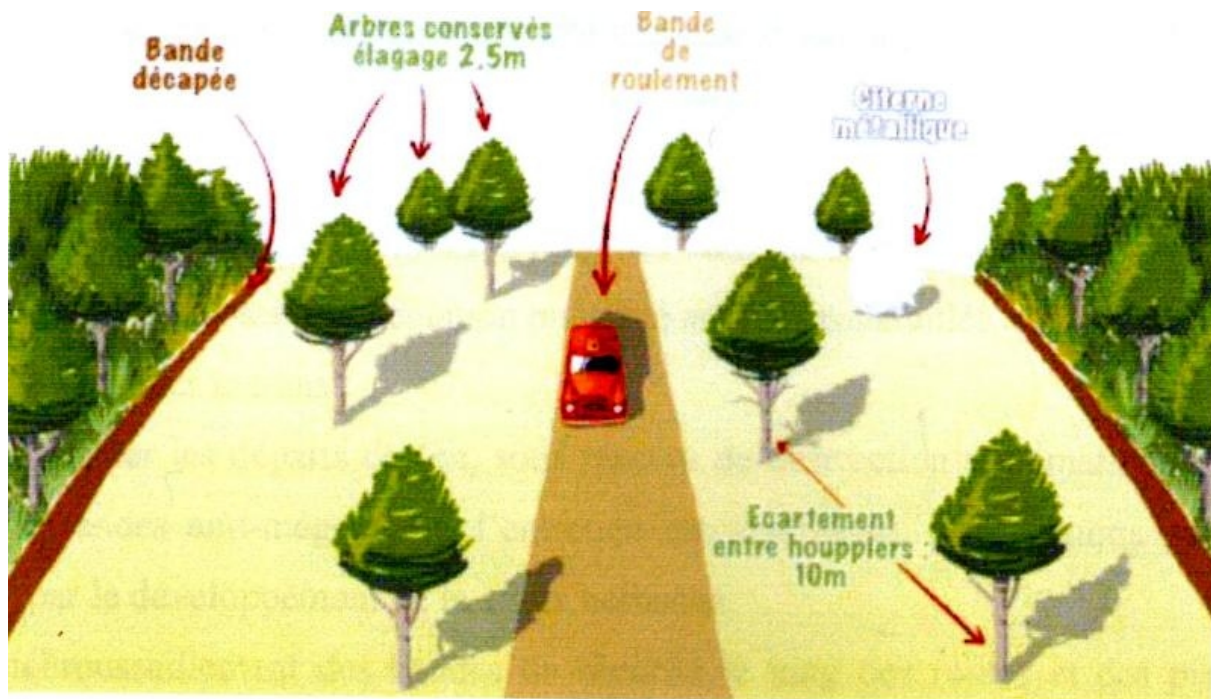


Fig. n° 20 : élément du LICAGIF (COLIN et al, 2001)

IV.2.3-Les points d'eau

L'eau est la clé de voûte de toute lutte active. Il le moyen principal d'extinction des feux. Les capacités de stockage des engins de lutte étant limitées. Il faut recourir à des réserves d'eaux artificielles ou naturelles. Celles-ci doivent être en nombre suffisant et bien réparties pour réduire les distances donc les durées de ravitaillement et optimiser les interventions sur le feu.

Le ravitaillement des engins de lutte peut se faire auprès de points d'eau de nature très diverses, réservés à la protection des forêts contre les incendies ou à usages multiples (lutte contre les incendies, agriculture, approvisionnement en eau potable...).

IV.2.4-Brumisation

La brumisation crée un nuage de fine gouttelettes d'eau dont l'objectif est de limiter la progression du feu. Ce nuage hydrique atténue les radiations infrarouges émises par le feu, ce qui retarde ou empêche l'élévation de la température du végétal et par conséquent diminue son dessèchement et empêche la pyrolyse.

Cette technique peut également être utilisée dans le cadre de la prévention, pour réduire les risques d'éclosion d'un feu lorsque les conditions climatiques sont excessives.

IV.2.5-Débroussaillage localisés

Débroussailler, c'est éliminer les végétaux ligneux bas et élaguer les végétaux ligneux hauts afin de créer une discontinuité verticale d'au moins deux mètres de haut entre la litière et le houppier des arbres (CEMAGREF, 1989).

IV.2.5.1-Débroussaillage le long des voies de circulation

Les abords des voies de circulation publique sont débroussaillés :

- Pour sécurisé le transit ;
- Pour éviter les départs de feu, sous réserve de destruction systématique de toute la végétation (bande anti-mégots). Si l'entretien est insuffisant, les éclosions peuvent être favorisées par le développement de la strate herbacée.

Le débroussaillage des bandes de sécurité le long des routes et des pistes DFCI répond à deux objectifs :

- Maintenir des conditions de sécurité suffisantes pour la circulation des véhicules de lutte et de surveillance ;
- Constituer des zones d'interventions en cas d'incendie.

IV.2.5.2-Débroussaillage autour des habitations

Les habitations en forêt représentent un double risque :

- Elles constituent des sources potentielles de départs de feu (feux pour la cuisson des aliments, barbecue, brulage des rémanents des débroussailllements, feux de jardin...);
- Lorsqu'un feu se déclare dans un massif forestier, elles peuvent être directement menacées.

Pour protéger les habitations, il est nécessaire de débroussailler leurs alentours. Cette consigne s'applique également aux zones industrielles, très sensibles aux incendies, ainsi qu'aux zones de loisir (camping, aires de jeux...).

La dissémination des habitations en forêt constitue un problème important, même lorsque le débroussaillage est effectué correctement. Elle entraîne en effet la dispersion des moyens de lutte

IV.2.5.3-Interfaces forêt / zones agricoles

Les activités agricoles en périphérie de zones forestières constituent une source potentielle de départ de feu (écobuage, brûlis...). Il faut donc, pour limiter le risque de propagation vers la forêt, réduire la biomasse combustible en périphérie des massifs boisés.

IV.2.5.4-Autres zones sensibles

Les dépôts d'ordures, les lignes électriques et les voies de chemin de fer constituent également des sources potentielles d'incendie. Il est donc conseillé de créer une zone débroussaillée à proximité de ces installations, lorsque celles-ci sont proches d'un massif forestier.

IV.2.6-Compartmentation de l'espace

La réalisation de grandes discontinuités spatiales associant débroussaillage, mesures sylvicoles et activités agricoles ou pastorales (coupures de combustibles, pare-feu) a pour objectif la création :

- De zones d'appui pour la lutte.
- De zones forestières partiellement isolées, où le feu pourra être plus facilement contenu.

Ces discontinuités peuvent être installées en périphérie des massifs forestiers (aux interfaces forêt / zone d'activités humaines) ou à l'intérieur de ceux-ci.

IV.2.6.1-Les pare-feu ou tranchées pare-feu

Les pare-feu au sens strict sont des discontinuités linéaires destinées à compartimenter l'espace forestier et à contenir l'incendie dans les massifs isolés ainsi créés. Ces discontinuités présentent néanmoins des inconvénients :

- Elles sont facilement traversées par le feu. Les opérations de lutte y sont souvent très difficiles ou impossibles (faible largeur, forte pente). Leur largeur est très insuffisante pour empêcher qu'une saute de feu ne rallume un foyer secondaire au-delà du pare-feu.
- Elles nécessitent un entretien très régulier avec une périodicité de 1 à 4 ans, pour maîtriser voire éliminer la végétation, manuellement, au bulldozer ou au moyen de produits chimiques phytocides.
- Du fait de l'absence ou de la réduction de la couverture végétale, elles sont très sensibles à l'érosion, surtout quand les pentes sont fortes. Les techniques d'entretien accentuent ce risque.
- Elles ont un impact paysager négatif.

IV.2.6.2-Les coupures de combustible

« Une coupure de combustible est un ouvrage sur lequel la végétation a été traitée tant en volume qu'en structure de combustible, pour réduire la puissance d'un front de feu l'affectant en tenant compte de la vitesse de propagation de ce front sur la coupure. Les caractéristiques de l'ouvrage (traitement de la végétation, équipement pour la lutte, implantation, dimensionnement...), dépendent de l'objectif opérationnel assigné» (DUCHE et RIGOLOTT, 2000)

Les coupures de combustible sont donc pourvues d'équipements destinés aux opérations de lutte (pistes, points d'eau). Ces infrastructures sont généralement valorisées par pastorales ou agricoles (Fig. n° 21).

La création de discontinuités spatiales peut également reposer sur l'occupation du sol par certaines cultures agricoles (ex : vignes, vergers, oliveraies...) qui, si elles sont régulièrement entretenues, constituent des obstacles pour le feu.

Les limites entre parcelles agricoles (talus, fossés...) doivent être débroussaillées pour ne pas constituer des mèches permettant le passage du feu.

IV.2.6.3-Sylvopastoralisme

Le sylvopastoralisme est l'utilisation de la forêt comme lieu de parcours pour le bétail. Le sylvopastoralisme doit permettre du point de vue de l'élevage, de fournir une ressource fourragère suffisante en quantité et qualité à l'ensemble du troupeau; et du point de vue forêt, de limiter l'accumulation de phytomasse herbacée et arbustive et donc de combustible, dans les espaces pâturés. Dans de nombreux pays, c'est une technique couramment utilisée par les populations locales. Cependant, s'il n'est pas contrôlé, le pâturage devient l'ennemi de la forêt, par abrutissement de la régénération, frottements sur les troncs...etc. En revanche, cette activité, si elle est bien gérée, peut être d'une grande efficacité dans l'entretien des zones forestières. On parle alors de pâturage contrôlé car les zones de pacage et de parcours sont bien définies et délimitées (COLIN et al, 2001)



Fig. n° 21 : Exemple d'une coupure de combustible (COLIN et al. 2001)

IV.2.7-Sylviculture préventive

L'objectif de la sylviculture préventive est d'obtenir une composition et une structure des peuplements permettant :

- De contrarier la progression du feu et de limiter sa puissance.
- De limiter les dommages causés aux arbres par le passage du feu.

Les caractéristiques du peuplement pouvant avoir un effet sur sa sensibilité au feu sont :

- La structure : existence de discontinuités verticales ou horizontales.
- La densité du couvert, directement et par son action sur la végétation des strates inférieures.
- La composition en essences.

La structure

La présence d'une strate arborée unique, isolée du sol, sans étages intermédiaires, évite la propagation du feu du sol vers la cime des arbres. Les sujets dominés ou malades, ainsi que les branches basses des arbres, peuvent être éliminés par éclaircie et élagage. Une mosaïque de parquets d'âges et d'essences différents, en créant des ruptures à l'intérieur du massif forestier, semble la structure la plus adaptée pour limiter la sensibilité du peuplement au passage du feu. Les taillis avec leurs cépées denses et les futaies jardinées qui multiplient les strates de végétation sont des formations qui favorisent la propagation du feu.

La densité du couvert

Un couvert forestier dense et sombre contrarie la progression du feu dans les strates basses par :

- Limitation de la dessiccation de la végétation et accélération de la dégradation de la matière organique, en raison de l'augmentation de l'humidité de l'air dans le sous-bois.
- Réduction de la biomasse arbustive et assure élagage naturel, en raison de la diminution du rayonnement photosynthétique sous le couvert.

Mais favorise la progression du feu dans les houppiers.

La création et le maintien d'un couvert dense permettent de limiter la puissance des feux courants mais augmentent le risque de feux de cimes. Pour éviter le développement d'un feu total, un couvert dense doit donc absolument être accompagné d'un sous-bois propre.

Composition en essence

En ce qui concerne la propagation du feu, la composition en essences joue un rôle beaucoup moins important que la structure.

Diversité

Le mélange d'essences permet de réduire la sensibilité d'un massif au feu. Il faut choisir des espèces qui possèdent les mêmes caractéristiques de croissance, afin d'éviter la formation de plusieurs strates arborescentes créant une continuité verticale.

- Essences à croissance juvénile forte : Elles assurent une reconstitution rapide du couvert donc limitent le développement de la végétation au sol. Elles sont en outre très compétitives par rapport à la végétation arbustive.

- Essences moins inflammables et moins combustibles : Elles doivent être privilégiées lors des interventions sylvicoles dans les peuplements existants, lors des débroussailllements manuels ainsi que lors des reboisements.
- Essences résistant au passage du feu : Les peuplements composés d'arbres à écorce suffisamment épaisse résisteront mieux à des feux courants qui n'auront qu'une intensité faible ou moyenne. Le chêne liège est particulièrement résistant, sauf lorsqu'il a été démasclé récemment.

IV.2.7.1-Opérations sylvicoles

Dans le domaine de prévention, les opérations sylvicoles, les techniques de feux courants et les parcours contrôlés en forêt, sont autant de moyens pour soustraire au feu de nombreux écosystèmes (BENABDELI, 1996).

1 - Eclaircies

Dans le contexte spécifique de la protection des forêts contre l'incendie, l'éclaircie a pour objectif principal de diminuer la combustibilité du peuplement, notamment en réduisant la biomasse. A cet objectif DFCI peut s'ajouter un objectif secondaire d'amélioration de la production de bois.

L'éclaircie préventive est tout d'abord sélective :

Les sujets dominés sont supprimés et, dans certains cas, des individus à avenir de production sont sélectionnés.

Elle peut être également sanitaire quand elle permet l'élimination des arbres dépérissant, sans avenir, sans valeur, défectueux (vieux perchis, jeune futaie) (LETREUCH BELAROUCCI, 1992)

Ce même auteur a définie trois modes d'éclaircies :

- Eclaircie par le haut : C'est une opération active qui porte principalement dans l'étage dominant afin de favoriser les plus beaux sujets.
- Eclaircie par le bas : c'est une opération passive, la récolte se fait dans les sujets nettement dominés.
- Eclaircie mixte : Combine les deux modes ; il s'agit à la fois d'une éclaircie par le haut, qui sélectionne les élites et poursuit l'assainissement et une éclaircie par le bas ou il y a une récolte des tiges de manière intense et plus rapide.

Selon COLIN et al (2001), On réalise une éclaircie vigoureuse et par le haut :

- Si les tiges conservées sont aptes à bien réagir à l'éclaircie, en développant leur houppier et en reconstituant rapidement le couvert.
- Dans le cas d'une coupure de combustible où l'objectif est d'obtenir des houppiers distants les uns des autres.
- Dans le cas contraire, une éclaircie par le bas permet d'éliminer les arbres dominés.

Le choix des individus à conserver peut être fait dans un objectif de production (arbres d'avenir) ou de mécanisation (alignements pour permettre le passage d'engins d'entretien), mais les lignes d'arbres restants constituent des mèches pour la propagation de l'incendie.

Les éclaircies peuvent être fortes si la reconstitution rapide du couvert est possible.

Pour les coupures de combustibles, l'intensité d'éclaircie doit être très forte pour mettre à distance les arbres.

2- Dépressage

Le dépressage consiste à enlever les sujets surabondants, à commencer par ceux qui sont malades, tarés, mal conformés (LETREUCH BELAROUCCI, 1992). Dans un objectif purement DFCI, sauf dans le cas d'une coupure de combustible, il doit être réalisé de façon modérée car il favorise le développement du sous-étage (COLIN et *al*, 2001).

3- Elagage

Cette opération consiste à couper les branches basses des arbres. En tant qu'action de DFCI, elle a pour objectifs :

- De créer une discontinuité entre le couvert arboré et les strates basses. L'élagage complète les travaux de débroussaillage. Tous les arbres doivent être élagués jusqu'à une hauteur de 2 mètres et l'intervention est généralement coûteuse (CEMAGREF, 1989).
- De faciliter la pénétration dans les peuplements et donc les opérations d'entretien.

Lorsqu'il s'agit d'un peuplement possédant également un objectif de production, l'élagage artificiel permet d'améliorer la qualité du bois, en éliminant les nœuds (LETREUCH BELAROUCCI, 1992)

4 - Elimination des rémanents

Les rémanents des éclaircies et des élagages, dont l'accumulation favorise la propagation du feu, doivent être éliminés par broyage.

IV.3-La lutte

L'éclosion d'un feu marque l'échec des dispositifs de prévention. Les moyens de lutte préalablement organisés par la prévision doivent être alors mis en action. La qualité du système de prévision est déterminante pour le succès des opérations de lutte.

La réponse à l'incendie dépend de l'importance prise par le feu. Les moyens engagés augmentent avec la taille et la virulence de l'incendie :

- Les combattants du feu peuvent avoir des origines très diverses : pompiers, forestiers, bénévoles, population rurale. La qualité de la formation des personnels de lutte est un facteur de réussite important dans la lutte contre les incendies de forêt.

- Le matériel de lutte est très diversifié :

A son départ, un feu peut être maîtrisé à l'aide d'outils rudimentaires (pelles, battes à feu) sous réserve qu'il ne soit pas trop puissant (végétation peu abondante et vent faible).

Bien souvent, il faut intervenir directement avec des engins conçus spécifiquement pour la lutte : véhicules avec petite réserve d'eau pour la première intervention puis camions-citernes, avions bombardier d'eau.... Cependant, pour être efficace, l'engagement des moyens doit s'opérer selon des tactiques d'attaque adaptées au contexte local (caractéristiques du milieu, moyens disponibles, conditions météorologiques).

Le bon déroulement des actions de lutte nécessite :

- Un commandement des opérations clairement identifié.
- Des structures coordinatrices assurant la cohérence des opérations, les modalités d'intervention sur le feu, l'organisation des moyens, la logistique, la communication avec les médias. Ces structures peuvent être développées au fur et à mesure que l'incendie prend de l'importance.

La lutte contre un incendie est une opération difficile, fatigante et dangereuse. Il est donc nécessaire de veiller à la sécurité des personnels (équipement individuel de sécurité), à leur alimentation et à leur repos.

Les conditions météorologiques influent beaucoup sur le comportement des incendies. Elles doivent être recueillies et analysées durant tout le sinistre, afin de prévoir les changements de force et de direction du vent, de température ou d'humidité. L'arrivée de fronts météorologiques est à surveiller particulièrement car ils engendrent des variations soudaines de ces paramètres. Le retour d'expérience, c'est-à-dire l'analyse des actions de lutte et de leur impact sur la progression du feu, permet d'améliorer les interventions sur les incendies ultérieurs.

Partie I

Cinquième Chapitre



L'Algérie constitue une entité écologique exceptionnelle dans la biosphère. Cependant la croissance démographique galopante, les conditions climatiques difficiles, la surexploitation des ressources naturelles ont générées des problèmes de dégradation de l'environnement. Par ailleurs l'élément naturel, qui est sujet à plus de dégradations, demeure le milieu forestier qui subit d'énormes pertes aussi bien sur le plan floristique que faunistique.

La forêt algérienne, actuellement fragile, à besoin d'être protégée car la déforestation ne cesse de s'accroître en raison des incendies de forêts répétés. Au cours des deux dernières décennies (1985-2006), les incendies de forêts ont dévasté l'équivalent de 779 872,11 ha pour un nombre total de 32 354 foyers. Eu égard à cette situation, l'Algérie figure au premier rang des pays qui devraient bénéficier impérativement de strictes mesures de protection puisqu'elle présente de nombreux atouts en rapport avec sa grande diversité biologique et son impact sur l'équilibre socioéconomique du pays.

V.1-Importance des incendies de forêts en Algérie

De tous les facteurs de dégradation de la forêt algérienne, les incendies sont les plus dévastateurs. Ils détruisent en moyenne, en l'espace de quelques mois seulement (juin à octobre), plus de 36 000 ha de formations ligneuses par an. La moyenne des différents programmes de reboisement depuis 1963 qui est de 26 000 ha/an ne peut équilibrer ces pertes, même si le taux de réussite de ces actions est de 100 %, ce qui n'est malheureusement pas le cas.

Entre 1881 et 2006, trois décennies ont été particulièrement désastreuses pour la forêt algérienne, la décennie 1911-1920 qui coïncide avec la première guerre mondiale, la décennie 1951-1960 et la décennie 1991-2000. Deux causes principales sont à l'origine des incendies de grande ampleur que connaissent nos forêts :

- Le climat, c'est durant les années particulièrement sèches (1983) que les incendies ont été les plus dévastateurs ;
- la deuxième cause est liée au trouble social, en particulier lors des guerres et des révoltes, en raison notamment, de la conjoncture sécuritaire difficile qu'a traversé l'Algérie

C'est l'année 1994 qui a été la plus destructrice pour la forêt algérienne avec une superficie de 271 598 ha soit 6,6% de la superficie forestière totale.

Entre 1881 et 2006, 4 834 874 ha, ont brûlés comme montre la figure suivante :

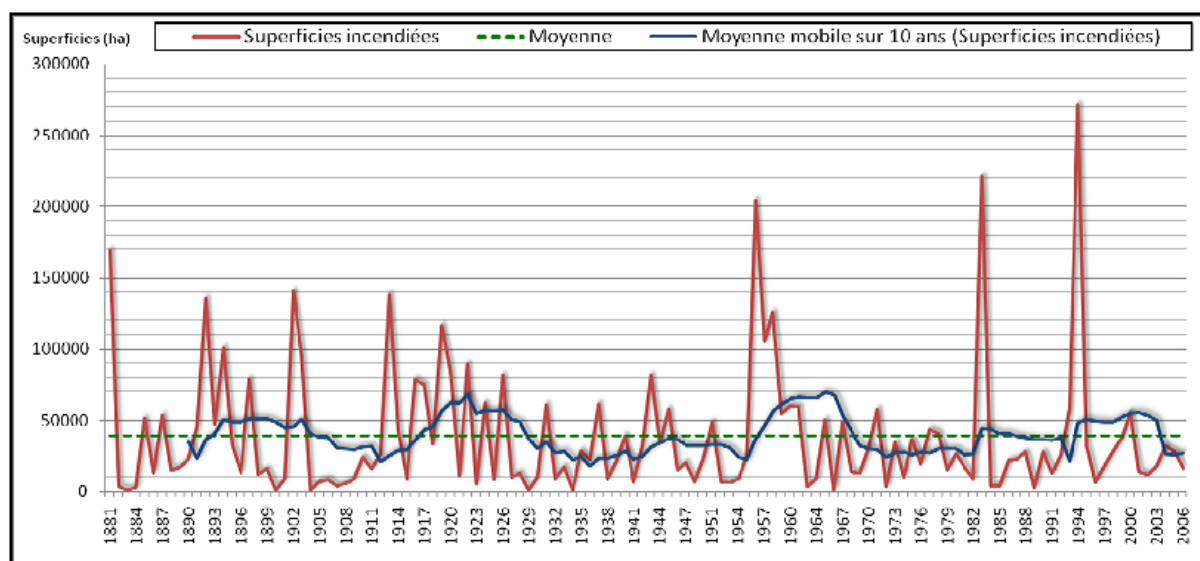


Fig. n° 22 : Evolution des superficies incendiées en Algérie entre 1881 et 2006
source (ARFA AZZEDINE M et al, 2006)

V.2-Répartition des incendies par catégorie de causes

Sur 32 354 incendies déclarés entre 1985 et 2006, seuls 7193 sont d'origine connue, soit 22,23%, dont 6200 d'origine volontaire (Fig. 22). Par contre, 77,77% soit 25 161 départs de feux sont d'origine inconnue. Ceci démontre les efforts qui doivent être entrepris pour cerner au mieux les causes des incendies de forêt, afin de mieux les connaître et réduire leurs effets. Pour ce, la recherche des causes et des auteurs d'incendies est de toute première instance, mais pas aisée, compte tenu de l'étendue de la superficie à gérer et du manque de formation du personnel forestier en matière de police scientifique.

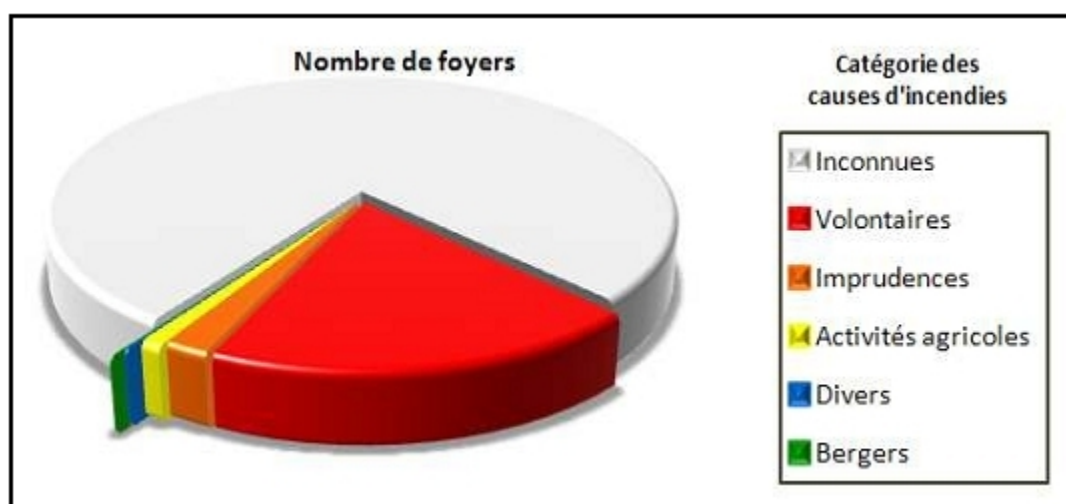


Fig. n° 23 : Classement des foyers d'incendies par catégorie de causes en Algérie (1985-2006).
Source (ARFA AZZEDINE M et al, 2006)

V.3-Le bilan de l'année 2010

Durant la période du 1er juin au 31 Octobre 2010, la superficie totale parcourue par le feu s'élève à 30.632 ha, dont 57 % (17.550 ha) ayant touché les formations végétales ligneuses, soit 11.008 ha en forêt et 6.542 ha en maquis. Le reste de la superficie concerne les autres formations végétales non ligneuses qui se régénèrent de manière spontanée l'année qui suit les incendies. Le nombre de foyers enregistrés durant cette période est de 3.439 soit un ratio de 8,9 ha/foyer. Ce bilan est légèrement, au dessus de la moyenne annuelle de la décennie (2000-2009) qui est de 28.408 ha, mais largement inférieur à ceux des années 2000 (55.782 ha) et 2007 (47.939 ha)

Cette année 2010, a été caractérisée par quelques situations caniculaires exceptionnelles enregistrées notamment durant la dernière semaine du mois de juillet, la deuxième semaine du mois d'août et la troisième semaine du mois de septembre ou il a été enregistré respectivement, 4.830 ha, 3.325 ha et 3.761 ha de superficies parcourues par le feu, soit l'équivalent de 39 % de la superficie totale enregistrée à l'échelle nationale depuis le début de la campagne.

Tableau n° 06 : Etat des feux suivant les formations végétales

Type de formation végétale	Forêt	Maquis	Broussaille	Alfa	Autres	Total	Nb de foyers
Superficie (ha)	11.008	6.542	7.791	2.746	2.545	30.632	3.439
Taux	36 %	21%	25%	9%	8 %		

(DGF, 2010)

V.4-Le dispositif national de protection contre les incendies de forêts

C'est en juillet 1980 qu'il a été mis en place pour la première fois dans l'histoire de nos forêts, ce dispositif s'articule autour des axes suivants.

V.4.1-Sur le plan organisationnel

Le dispositif a prévu l'organisation et la coordination des différentes actions de lutte par l'intermédiaire des commissions mise en place à différents niveaux, national et départemental (Wilaya).

A l'échelle nationale, il a été mis en place, la commission nationale de protection des forêts (C.N.P.F) dont le rôle consiste à arrêter et actualiser les plans de lutte préventive contre les incendies de forêts, et assurer la coordination des actions des organismes qui en sont concernés.

La commission de protection des forêts de la wilaya installée au début de la campagne, elle regroupe l'ensemble des structures de la wilaya directement concernées par la lutte contre les incendies de forêts. Cette commission placée sous l'autorité de la wilaya a pour rôle.

- L'élaboration du plan d'action définissant le rôle de chaque organisme concerné par la protection des forêts ainsi que les moyens ou action que celui-ci doit mettre œuvre ;
- La mise en œuvre des directives de la commission nationale et d'établir le rapport et le bulletin à communiquer à la commission nationale.

Toujours au niveau de la Wilaya, la mise en place les comités dits : comités opérationnels permanents, au niveau de la wilaya, de la daïra et de la commune, ces comités ont pour rôle : l'application des décisions de la commission de wilaya et notamment :

- L'exécution du programme préventif ;
- La coordination des opérations sur le terrain, notamment la surveillance et la lutte ;
- L'exécution des plans d'intervention sur les feux ;
- L'organisation des renforts et de l'appui logistique aux équipes d'interventions.

Durant la campagne 2006, et selon la direction générale des forêts les actions suivantes ont été mises en œuvre :

- L'installation de quarante comités opérationnels de wilaya ;
- La mise en place de 463 comités opérationnels de daïra ;
- L'installation de 1270 comités opérationnels communaux qui jouent un rôle important dans la mobilisation de moyens de lutte et qui constituent le premier maillon en matière de prévention et d'intervention dans le dispositif mis en place.
- L'installation de 1083 comités de riverains qui jouent un rôle primordial dans la prévention et l'intervention contre les feux de forêts compte tenu de leur proximité du milieu forestier.

V.4.2-Sur le plan réglementaire

Le cadre juridique en matière de protection des forêts contre les incendies, est représenté par un ensemble de texte législatifs (lois, décret, ordonnance, arrêtés) qui déterminent les modalités de gestion et d'exploitation du domaine forestier national.

- La loi n° 84-124 du 23 juin 1984, portant régime général des forêts qui, en application de ces articles 19 et 20, elle rend nécessaire la participation des différentes structures de l'état dans la lutte contre les feux de forêts. Comme elle fixe les obligations de certains organismes pour l'exécution des travaux préventifs nécessaires ;
- Le décret n° 80-184 du 19 juillet 1980 portant mise en place des organes de coordination des actions de protection des forêts ;
- Le décret n° 85-232 du 25 Aout 1985 relatif à la prévention des risques de catastrophes ; la mise en œuvre des mesures et normes réglementaires et

techniques permettant d'assurer la sécurité et d'éviter tout risque de catastrophe, est rendue obligatoire par ce texte ;

- Le décret n° 87-44 du 10 février 1987 fixant les règles et les normes de prévention contre les feux de forêts dans le domaine forestier national et à proximité ;
- Le décret n°87-45 du 10 février 1987 portant organisation et coordination des actions en matière de lutte contre les incendies de forêts dans le domaine forestier national :

Ce texte composé de 25 articles, vient en application de loi portant régime général des forêts. Il apporte des clarifications en matière d'attributions de chaque organisme concerné de près ou de loin par les incendies de forêts.

En ce qui concerne ce volet, les textes réglementaires en vigueur, prennent en charge les préoccupations essentielles en matière de préparation, de gestion et surtout d'obligations envers les différentes structures concernées, notamment pour les mesures préventives et les conditions d'intervention et de mobilisations des moyens nécessaires à la mise en œuvre de la campagne.

Cependant, l'application de ces textes selon la DGF demeure insuffisante et difficile, du fait de la vaste étendue du territoire d'intervention, de l'insuffisance de moyens de surveillance, de l'absence de mesures correctives à l'encontre des structures défaillantes et de l'inadéquation de certain de ces textes par rapport à l'évolution de l'organisation des structures déconcentrées et autres.

V.4.3-Sur le plan opérationnel (technique)

Le dispositif mis en place par les services forestiers pour la campagne 2006, privilégiant les mesures préventives s'est traduit par les actions suivantes, entreprises à travers les quarante wilayas concernées :

- L'aménagement et l'entretien de 2324 hectares de tranchées par feu sur les 25585 hectares existant, soit un taux de 16% ;
- La confection, par les exploitants, de routièrès autour des exploitations agricoles, sur une superficie de 3803 hectares ;
- L'entretien, par la SONALGAZ, des tranchées sous lignes de haute tension sur un volume de 567 hectares sur les 2140 hectares existant, soit un taux de 27% ;
- L'entretien, par la SNTF, des voies ferrées traversant les massifs forestiers, une longueur de 600 KM sur 1036 Km existant, soit un taux de 58 % ;
- Cependant, il à été révélé par les mêmes services une nette insuffisance dans la concrétisation, par les opérateurs concernés, des mesures préventives édictées par les textes réglementaires visés.

La direction générale des forêts à mis en place, durant toute la durée de cette campagne, un dispositif de première intervention qui repose sur :

La mise en place de 363 postes vigie, pour la détection et l'alerte, avec un effectif de 989 éléments entre agents forestiers et ouvriers ; soit un ratio de 11925 hectares par poste vigie.

La constitution de 438 brigades mobiles de première intervention avec un effectif de 1961 agents ramenant la norme à 9361 hectares par brigade.

Le recensement de 1391 point d'eau située en forêts ou a proximité, pour faciliter l'approvisionnement en eau des moyens d'intervention.

V.4.4-Sur le plan de sensibilisation

Cet aspect important de la protection de la forêt a été conçu de manière telle qu'il puisse sensibiliser la plus grande partie de la population sur les dangers des incendies et la nécessité de la prévention.

Ainsi, un programme de formation de public à la prévention contre les incendies de forêts a été mis durant cette campagne et qui a comporté :

- L'animation de 278 conférences /des débats dans les établissements scolaires, ayant porté sur la nécessité de protéger contre les différents fléaux qui les menacent, notamment les feux ;
- L'organisation de 198 journées portes ouvertes sur l'administration forestière lors de la célébration des journées nationales et internationales de l'arbre, des zones humides et de l'environnement, au cours desquelles le public a été sensibilisé sur le rôle important du milieu forestier sur le plan économique, social et écologique ;
- Un travail de sensibilisation de proximité en direction des populations riveraines de la forêt sur l'utilité de préserver le milieu forestier, notamment contre les feux de forêt ;
- La contribution de la presse écrite, parlée, radiophonique et télévisée, les imams (prêche de vendredi) tout au long de la campagne appelant la population pour observer plus vigilance et apporter leur contribution a la prévention et la lutte.

Cependant, toutes ces actions selon l'administration des forêts restent insuffisantes au regard de l'étendue du territoire d'intervention, de la forte densité des populations, autour et à l'intérieur des massifs forestiers et de la complexité des opérations de prévention et de lutte en raison du relief très accidenté et de l'insuffisance des accès qui caractérisent ces massifs.

L'inadéquation des textes réglementaires régissant la campagne de prévention et de lutte contre les feux de forêts, notamment en ce qui concerne les différents acteurs et autres organismes à faire intervenir et les conditions et modalités de réquisition et d'indemnisation des intervenants.

L'état de dégradation des infrastructures et équipements forestiers nécessaires à la prévention et l'acheminement des moyens de lutte, notamment les pistes, les points d'eau et les postes vigie.

L'insuffisance de nombre de comités de riverain, au regard du nombre important de concentrations d'habitations à l'intérieur et à proximité des massifs forestiers.

Les problèmes d'insécurité (intervention non autorisés par les services de sécurité) qui perdurent dans certaines wilayas, notamment dans la région centre du pays et qui empêche l'intervention des services concernés la par la prévention et la lutte contre les incendies des forêts.

Conclusion

La forêt algérienne continue de bruler et perd plus de 32 000 hectares en moyenne par an. Cette situation si elle est due en partie aux contraintes déjà soulevés dans la mise en œuvre du dispositif national établie par le service des forêts, il n'en demeure pas moins que la non maîtrise de l'urbanisation dans les forêts sensibles aux incendies et à leurs abords.



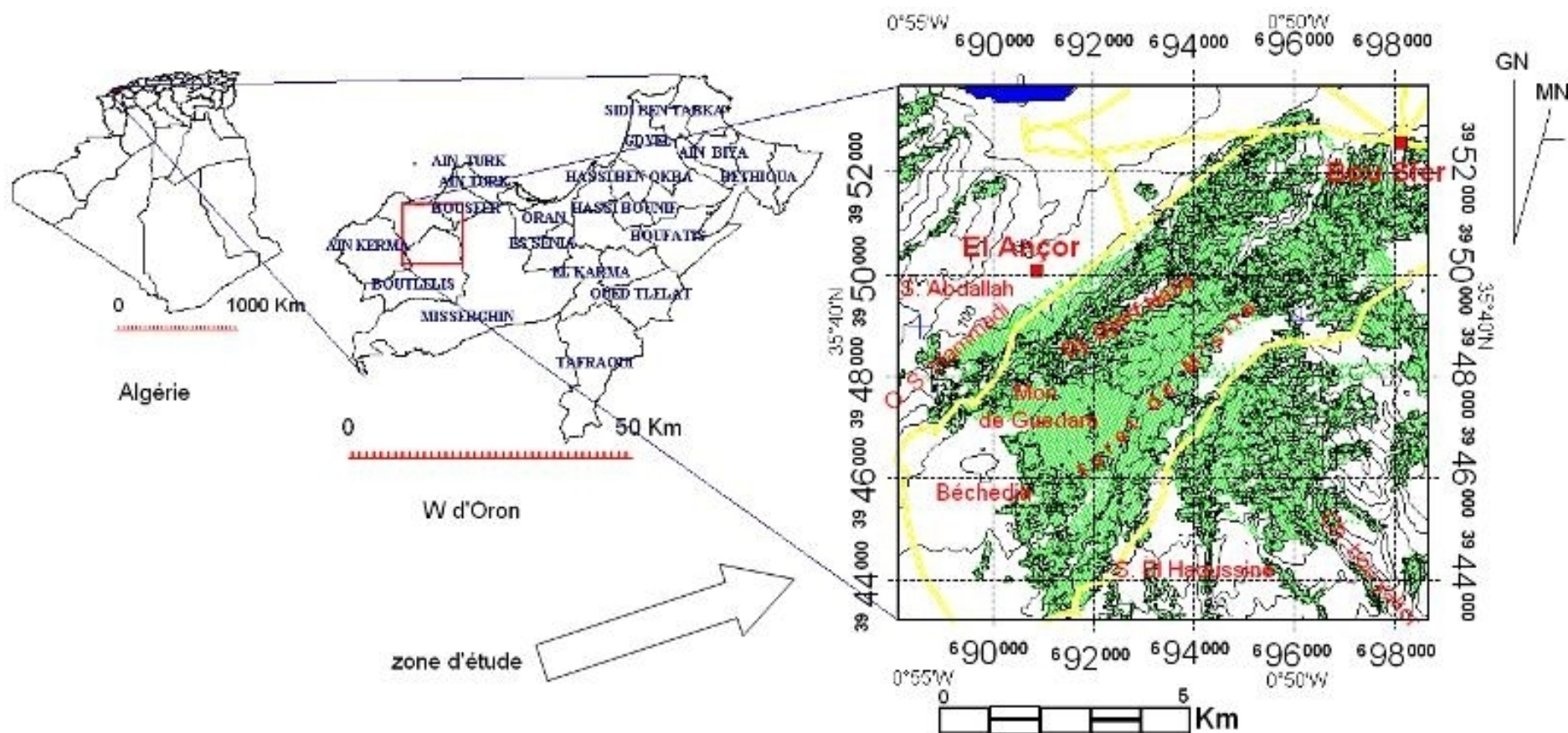
Partie II

Sixième Chapitre

La forêt de M'Sila, relève de la conservation des forêts de la wilaya d'Oran, de la circonscription forestière de Boutlélis et du district de Boutlélis (C.F.W.O., 1997). Elle est limitée par les communes de Ain El Kerma à l'ouest, Messerghine à l'est, El Ançor et les Andalouses au nord et les peuplements de Terziza au sud. Elle s'étend sur une superficie de 1570 Ha et regroupe six cantons y compris le canton de Cheikh Ben Khalifa qui a été annexé l'hors de l'opération cadastrale en 2003. Elle est située à 25 km de l'Ouest du chef lieu de la Wilaya.

Le bassin de risque de feux de forêts de la forêt de M'Sila regroupe les zones où la probabilité qu'un incendie d'une intensité donnée se produit et les zones où les biens matériels et humains pouvant être affectés. Les limites administratives du bassin frôlent cinq communes (carte n° 01).

- 42,64 Km² dans la commune d'El-Ançor au Nord- ouest ;
- 47,34 Km² dans la commune de Boutlélis au Sud ;
- 6,18 Km² dans la commune de Misserghine à l'Est ;
- 12,41 Km² dans la commune de Bousfer au Nord-Est ;
- 1,97 Km² dans la commune de Ain Kerma au Sud-West



Carte n° 01 : carte de situation de la zone d'étude

VI-Etude du milieu physique

VI.1-Géologie et pédologie

Le tell oranais est particulièrement diversifié d'un point de vue géologique et pédologique (QUEZEL, 2000). La majorité de ses sols se sont formés sur les schistes marneux du Crétacé supérieur, des marnes éocènes et mioches, du calcaire tendre tel que le calcaire à Eithothamnium et des sables pliocènes ou quaternaires (AUBERT et MONJAUZE, 1946).

D'après les travaux de GOURINARD (1958) sur la géologie du littoral Oranais, cette forêt couvre une ancienne surface Callabrienne, encore localement couverte de dépôts marins ou dunaires correspondants. Par la route de la ferme Saint Pierre menant à la forêt de M'Sila, l'auteur note la présence d'une falaise morte constituée de calcaire à Lithothamnies du Miocène supérieur. Prés de la source de la maison forestière apparaissent les premiers affleurements de Callabrien- Villafranchien (fig. 23).

Du point de vue pédologique, cette forêt est constituée sur des sols pauvres dont la texture est argilo-siliceuse, suite à la décomposition des schistes et quartzites néomiens et de la désagrégation des grés sableux pliocènes (Thintoin, 1948).

Selon AIME (1991) la forêt de M'Sila est caractérisée par quatre grands groupes de sols :

- Les sols rouges sur formation quartzique : sols rubéfiés avec des horizons de surfaces de couleur beige qui tant vers le gris ;
- Les sols rouges décarbonatés sur grés calcaire : rubéfiés avec des accumulations calcaires très solidifiées ;
- Les sols rouges tirsifiées : issues d'altération des schistes ;
- Les sols polycycliques : d'une structure feuilletée et de couleur rouge brun qui est originaire de la roche mère schisteuse et marneuse.

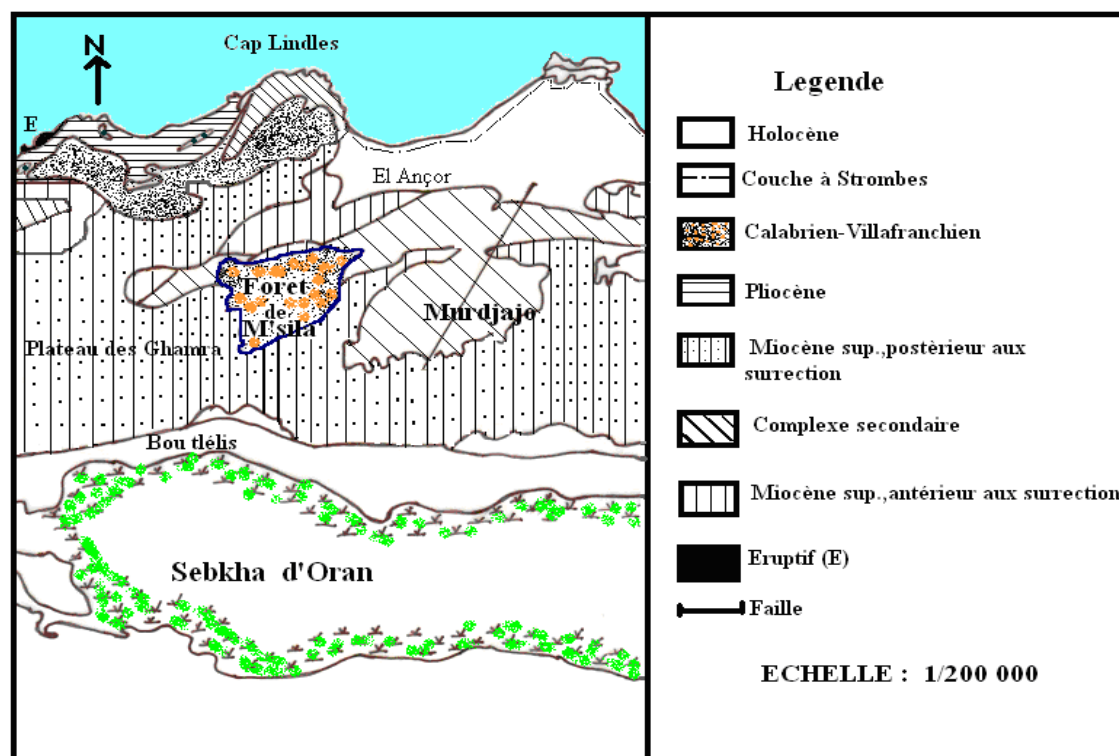


Fig. 24 : Extrait du schéma géologique du littoral oranais (GOURINARD, 1958)

VI.2-Synthèse climatique

Les conditions climatiques de l'année 2010 et de celle qui précède sont très importantes, aussi bien les précipitations, les températures, les vents et aussi l'humidité relative. Pour caractériser au mieux le climat de la forêt de M'sila, nous avons recueilli des données anciennes qui proviennent principalement de Seltzer (1946) et des données relativement récentes par le biais des services de l'Institut National de la Protection des Végétaux (INPV) de la wilaya d'Oran. Les caractéristiques de la station de référence et les périodes d'observation sont mentionnées dans le tableau suivant :

Tableau 07 : Caractéristiques de la station de référence et périodes d'observation

Forêt	Station	Longitude	Latitude	Altitude (m)	Situation	Distance à la forêt	Période d'observation
M'Sila	El Ançor	0°52'W	35°41'N	90	Ville	12 km	P (1913-1934) T (1913-1934) T (1971-2010) P (1971-2010)

Source : I.N.P.V (2010)

VI.2.1-Les précipitations

Les quantités de pluies varient suivant la disposition topographique de la forêt, son altitude et sa localisation géographique et topographique. En Oranie, l'un des traits originaux du climat est marqué par l'irrégularité des pluies le long de l'année ; elles sont abondantes en automne et en hiver et parfois en printemps et presque nulles en été (AUBERT et MONJAUZE, 1946).

VI.2.1.1-Répartition mensuelle moyenne des précipitations

Les tableaux suivants consignent les précipitations moyennes mensuelles pendant les deux périodes de référence.

Tableau 08 : Moyenne mensuelle des pluies (en mm) pendant la période 1913-1934 de la Forêt de M'Silla

Mois	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D	Total
P (mm)	71.3	59.4	48.6	40	31.3	10.8	1.1	3.2	20.1	44.3	82.1	86.4	499

Source : SELTZER (1946)

Tableau 09 : Moyenne mensuelle des pluies (en mm) pendant la période 1971-2010 de la Forêt de M'Silla

Mois	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D	Total
P (mm)	50,2	47,3	34,7	33,2	25,7	4,5	0,4	1,4	12,3	37,8	65,2	62,5	375

Source : I.N.P.V (2010)

VI.2.1.2-Régime saisonnier des précipitations

La distribution saisonnière des pluies diffère d'une forêt à l'autre et parfois d'une période de référence à l'autre.

Tableau 10 : Régime saisonnier des précipitations

Forêt	Période /Saison	Été (J-Jt-A)	Automne (S-O-N)	Hiver (D-J-F)	Printemps (M-A-M)	Type de régime
M'Sila	1913-1934	15	147	217	120	HAPE
	1971-2010	6,2	115.2	160.1	93.5	HAPE

A travers ce tableau, nous remarquons qu'en cette zone littorale à ambiance maritime, le régime saisonnier des précipitations est de type HAPE pour les deux périodes. Ceci explique que le maximum des pluies est concentré en hiver et en l'automne et avec un degré moindre en printemps. Ce régime favorise le déclenchement des incendies en été.

VI.2.2-La température

Les températures jouent un rôle majeur dans la détermination du climat régional à partir des valeurs des moyennes annuelles «T °C» et mensuelles «t °C» et les valeurs moyennes des minima du mois le plus froid «m °C » et des maxima du mois le plus chaud «M °C»

Tableau 11 : Températures Maximales et minimales moyenne en (°C) de la zone d'étude (Foret de M'silla) de la période 1913-1934

Mois	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D	Mo y
M	13,9	14,7	16,1	18	20	23	26,5	27	24,9	21,3	17,5	14,8	19,8
m	8,3	8,6	9,6	11,8	13,5	16,3	19	20	18,3	15	11,1	9,2	13,8
$\frac{M+m}{2}$	11,1	11,7	12,9	14,9	16,8	19,7	22,8	23,5	21,6	18,2	14,3	12,0	16,6

Source : SELTZER (1946)

Tableau 12 : Températures Maximales et minimales moyenne en (°C) de la zone d'étude (Foret de M'silla) de la période 1971-2010

Mois	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D	Mo y
M	17,0	17,9	19,4	22,0	22,6	26,6	29,7	30,1	28,0	24,7	19,8	16,8	22,9
m	6,8	8,4	9,8	11,7	14,2	17,9	16,9	20,6	18,2	15,3	10,6	8,3	13,2
$\frac{M+m}{2}$	11,9	13,2	14,6	16,8	18,4	22,2	23,3	25,3	23,1	20,0	15,2	12,5	18,0

Source : I.N.P.V (2010)

VI.2.2.1-Amplitude thermique extrême moyenne ou indice de continentalité

L'amplitude thermique extrême (M – m) est un paramètre climatique très important car il permet de définir à partir d'un indice appelé « indice de continentalité » si la zone est sous influence maritime ou continentale.

En se référant à la classification de Debrach (1953) qui est fondée sur l'amplitude M-m :

- climat insulaire : $M-m < 15\text{ °C}$;
- climat littoral : $15\text{ °C} < M-m < 25\text{ °C}$;
- climat semi-continentale : $25\text{ °C} < M-m < 35\text{ °C}$;
- climat continental : $35\text{ °C} < M-m$.

Tableau 13 : Indice de continentalité

Période	M (°C)	m (°C)	M-m (°C)	Type de climat
1913-1934	27	8,3	18,7	Littoral
1971-2010	30.1	6,8	23,3	

Notre zone d'étude jouit d'un climat typiquement littoral, bénéficiant de la brise maritime durant l'année qui adoucit les températures de l'hiver (m) et de l'été (M).

VI.2.3-Indice de sécheresse estivale

Cet indice (Ie) permet, en complément du régime pluviométrique, de mieux caractériser le climat méditerranéen. Il est exprimé par la formule suivante (Emberger, 1942) :

$$I.e = P.E / M$$

où « P.E » représente la pluviosité estivale (en mm) définie par les mois de juin, juillet et août et « M » la moyenne des maxima du mois le plus chaud (en °C).

Les valeurs de cet indice calculé pour la forêt de M'sila en deux périodes sont consignées dans le tableau suivant :

Tableau 14 : Indice de sécheresse estivale

Périodes	Pluviosité estivale P.E (mm)	Valeur de M (°C)	« I.e »
1913-1934	15	27	0,5
1971-2008	6,2	30.1	0,2

Il ressort de ce tableau que l'indice de sécheresse est inférieur à 5 pour les deux périodes. Ceci indique l'appartenance de notre forêt au climat méditerranéen selon la grille de Daget (1977), mais à sécheresse bien avancée

VI.2.4-Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN

GAUSSEN et BAGNOULS (1953) ont défini comme mois sec, celui où la somme des précipitations moyennes exprimées en (mm) est inférieure au double de la température moyenne de ce mois ($P < 2T$).

Ils proposent un model de représentation graphique où ils juxtaposent les températures et les précipitations. La sécheresse se manifeste alors lorsque la courbe des précipitations rencontre celle des températures et passe en dessous de cette dernière

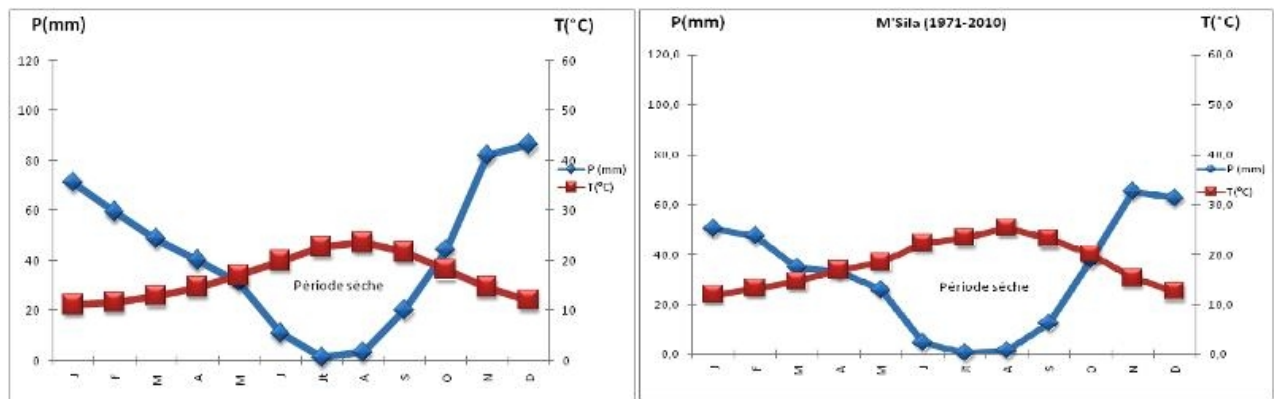


Fig. 25 : Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN (1953)

Nous constatons que pour l'ancienne période, la séquence sèche est bien accusée. Elle s'étend sur six (06) mois et même plus, à partir de mi- mai jusqu'au fin septembre, et pour la nouvelle période, la séquence sèche s'étend aussi sur six mois et même plus, à partir de mi- avril jusqu'à la mi-octobre.

Dans la région méditerranéenne, pendant les années normales, la sécheresse peut aller jusqu'à six mois allant de la fin du printemps à l'automne (Sauvage ,1963).

VI.2.5-Quotient pluviothermique et climagramme d'Emberger

EMBERGER a proposé une formule plus simple, valable uniquement pour la région méditerranéenne où l'évaporation a une importance particulière. Il admet que cette évaporation croît avec l'amplitude climatique annuelle qu'il exprime par la différence entre la moyenne «M» du mois le plus chaud et la moyenne «m» du mois le plus froid (OZENDA, 1977).

EMBERGER propose d'utiliser pour la région méditerranéenne le quotient pluviothermique défini par l'expression suivante :

$$Q_2 = \frac{2000 P}{M^2 - m^2} \dots\dots\dots (I)$$

P : Précipitation moyenne annuelle en (mm).

M : Moyenne des maxima du mois le plus chaud en (°K).

m : Moyenne des minimas du mois le plus froid en (°K).

$$Q_2 = \frac{2000(499)}{(27+273,2)^2 - (8,3+273,2)^2} \quad Q_2 = 91.7 \text{ (période 1913-1934 de la forêt de M'Sila)}$$

$$Q_2 = \frac{2000(375)}{(30,1+273,2)^2 - (6,8+273,2)^2} \quad Q_2 = 55.2 \text{ (période 1971-2010 de la forêt de M'Sila)}$$

Tableau 15 : Valeur du « Q2 » et étages bioclimatiques

Période	P (mm)	M (°C)	m (°C)	Q2	Etage Bioclimatique	Sous-étage	Sous-étage
Sous-étage	499 375	27 30.1	8,3 6,8	91,7 55,2	Subhumide Semi-aride	Inférieur Supérieur	Chaud Doux

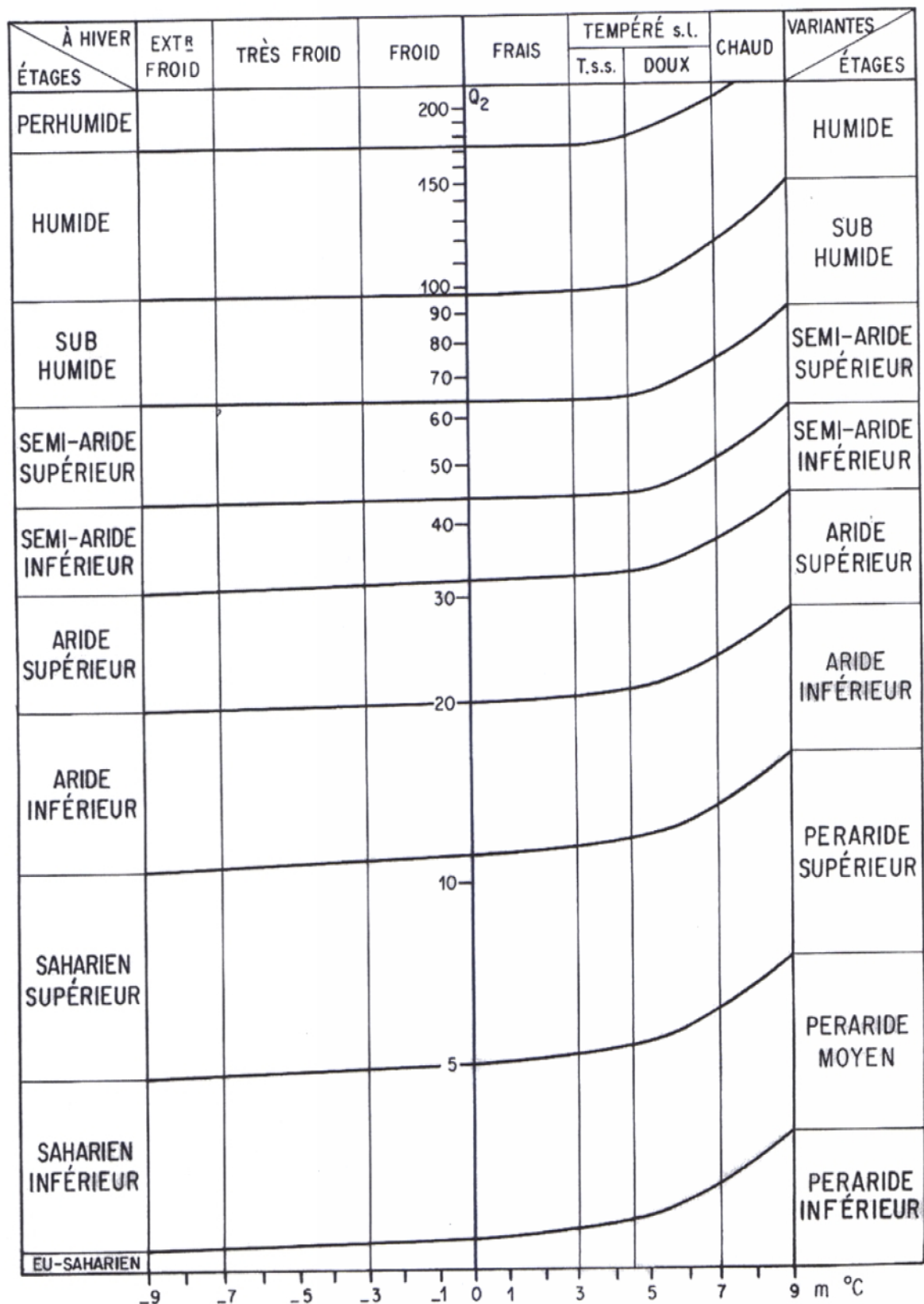


Fig. 26 : Climagramme d'EMBERGER (DAGET, 1977)

Il ressort de ce climagramme que la zone d'étude se distingue par une ambiance bioclimatique **semi-aride à hiver doux** caractérisée par une hauteur pluviométrique variant entre 350 et 400 mm et une température minimale clémente (7°C). En effet, sous l'influence de la sécheresse, la forêt de M'Sila est passée de l'étage bioclimatique sub-humide inférieur en période ancienne à l'étage semi-aride supérieur en période récente.

VI.2.6-Autres facteurs climatiques

D'autres facteurs climatiques agissent également sur le déclenchement et la propagation des incendies tels l'humidité relative et le vent.

VI.2.6.1-Le vent

C'est un paramètre climatique d'une grande importance particulièrement lorsque la période sèche est assez longue. La forêt de M'Sila est marquée en hiver par des vents marins du nord ouest au massif de Lindles et en été par des vents chauds du sud par le plateau de Ghamra créant ainsi un microclimat spécial.

VI.2.6.2-L'humidité relative

La forêt de M'Sila, exposée aux influences maritimes, est soumise à une forte hygrométrie atmosphérique variant annuellement entre 67% en été et 75% en hiver dépassant largement la valeur optimale pour le chêne-liège et sa régénération (60%). Cette humidité diminue la consommation d'eau et ralentit la transpiration. En effet, BOUDY, (1955) confirme qu'en atmosphère humide, peut se contenter d'une moindre quantité d'eau.

VI.3-Description forestière

La subéraie de M'Sila comptant jadis environ 11 000ha (BOUDY, 1955) se retrouve après une réduction de 42%, avec uniquement une superficie de 4,620 Km² (C.F.W.O, 1996).

A côté du chêne-liège, essence dominante, des peuplements purs de pin d'Alep s'y trouvent également. Ces derniers sont issus de différents semis réalisés presque annuellement entre 1888 et 1898 à l'Ouest du canton Guedara (C.F.A., 1877) cité par (BOUHRAOUA, 2003). Nous y trouvons également d'autres essences secondaires telles le cyprès, le pin maritime et l'eucalyptus, provenant toutes des travaux de reboisement. Quelques pieds de caroubier et de cèdre existent également à l'état naturel, selon la même source.

Les travaux d'exploitation ont débuté dans la forêt de M'Sila entre la période 1807 et 1820. Après une coupe à blanc et toc, la dite forêt fut détruite dans sa grande partie par les incendies. En outre les travaux de recépages avaient été entrepris entre la période 1889- 1927 en touchant presque 52 000 sujets.

Les travaux sylvicoles représentés par le débroussaillage, l'élagage, les éclaircies et l'émondage ont commencé à partir de 1890 et la lutte contre les feux de forêts a été prise en considération par l'ouverture des tranchées par feux. Cette opération a débuté en 1891 et a été suivie par des opérations d'entretien en 1892 qui consistaient à des travaux de débroussaillage.

Durant la période allant de 1892 à 1994, plusieurs travaux de reboisement, de repeuplement, d'assainissement et de débroussaillage ont été exécutés dans la forêt domaniale de M'Sila avec des superficies distinctes (A.E.F.C.O., 1914, 1954), (ANONYME, 1997).

Durant les années 2006 et 2007, les opérations d'assainissement sont réalisées à fin d'éliminer les sujets morts et chablis pour minimiser les attaques parasitaires. Les premiers travaux de reboisement ont commencé à partir de 1887 (Anonyme ; 1914).

Ces opérations ont été réalisées sans prendre en considération le milieu bioclimatique en introduisant l'Eucalyptus et le Pin d'Alep. La récolte des glands de chêne liège et leur ensemencement ont été entrepris à titre d'essai en 1885 sur 5 ha ensuite puis en 1890 sur 2 ha (A.E.F.C.O., 1914).

En 1984 un projet de parc zoologique fût initié sur 435 ha ainsi que des travaux d'équipements (clôture, réseaux de routes, électrification, AEP, réseau d'assainissement et des blocs administratifs et sanitaires). Le projet de parc zoologique proprement dit n'a pas été entamé (ANONYME, 1997).

Les peuplements du chêne-liège sont actuellement localisés essentiellement dans les cantons de M'Sila, Cheikh Ben Khalifa et avec un degré moindre à Guedara, Belhadi (Djorf Halia), Messabiah et Oued Hassan (C.F.W.O., 1996).

C'est une vieille futaie naturelle, de structure jardinée, à un âge moyen supérieur à 120 ans. Les arbres de plus de deux siècles y sont assez fréquents. La densité du peuplement est variable. Elle varie en générale de 100 à 200 sujets à l'hectare et parfois beaucoup moins (<80 tiges/ha) par endroits à la suite des incendies. Les parcelles de forte densité (400 tiges/ha), sont issues de différents reboisements (BOUHRAOUA, 2003).

Parmi le sous bois accompagnant le chêne, nous trouvons essentiellement : *Phillyrea angustifolia*, *Calycotome intermedia*, *Olea europea*, *Arbutus unedo*, *Erica arborea*, *Cistus ladaniferus*, *Cytisus triflorus*, *cistus salvaefolius*, *lavandula stoechas* et *Asphodelus microcarpus*.

La régénération naturelle par semis est faible à inexistante partout en raison de divers facteurs (absence de glands, sécheresse, abondance du maquis, incendie, etc.)

Partie II

Septième Chapitre



Les interfaces ce sont des zones où les espaces s'interpénètrent et forment des territoires plus ou moins complexes. L'évaluation du niveau de risque d'incendie dans les différentes interfaces, devient une nécessité en matière de prévention des incendies de forêts.

Avec le développement des photographies aériennes et des images satellites à très haute résolution, le paysage peut être perçu dans toute sa globalité et sa variété, dans toutes ses dimensions spatiales, verticale et horizontale. Vu dans sa dimension verticale, le paysage est considéré comme une superposition de couches, chacune étant la représentation cartographique d'occupation du sol, toute la variété du paysage apparaissant aux intersections de ces couches, dans sa dimension horizontale, en revanche, le paysage apparaît comme un agencement dans certaines proportions de plusieurs affectations de sol (BRUNEAU et al. 1985). C'est dans ce cadre que l'écologie du paysage offre un grand nombre d'indices permettant de traduire alors la composition mais aussi la structure et le zonage de ce paysage (Mc GariGal, 2002).

VII.1-Élaboration du zonage

VII.1.1-Méthodologie

Pour notre application, nous avons adopté la méthodologie utilisée conjointement par l'O.N.F et D.D.A.F (2004) pour l'élaboration des PPRIF dans des communes soumis à des risques naturels prévisibles d'incendies de forêts situées au Nord de Montpellier (France). Et cela due à la simplicité de cette méthode et la possibilité de l'appliquer en raison de la disponibilité des données.

Le zonage du risque est basé sur une étude technique permettant d'évaluer et de cartographier d'une part l'aléa et d'autre part les enjeux.

Le zonage réglementaire sera déduit de la superposition de la carte d'aléa et de la carte des enjeux.

VII.1.1.1-Les données acquis

On utilise les cartes d'état major 1/200 000 et 1/50 000 pour la confirmation des lieux et ses noms.

L'image satellitaire LANDSAT résolution de 28,5×28,5m en 2002 téléchargé à partir le site d'internet WWW.LANDSAT.ORG.

Le MNT Modèle Numérique de Terrain d'altitude, c'est un MNT satellitaire, de satellite ALSAT résolution de 92,8083×92,8083 m.

Images satellitaire de grande résolution fournie par Google Earth daté de 30/07/2011 en saison hors sève et 10/05/2005 en saison de la sève.

VII.1.1.2-Moyens utilisés

Le logiciel ENVI 4.1 : (Environment For Vizualizing Image) logiciel de traitement d'image développé par société RSI (Research Systems). Logiciel haut de gamme qui permet de lire, de visualiser et d'analyser des images numériques, est un atout pour la télédétection.

Le principe de l'ENVI est qu'il permet de lire des données hyper spectrales (empilement possible de plusieurs centaines de plans d'images) que nous utiliserons pour protéger et analyser des fichiers multi datas.

Le logiciel Mapinfo 7.8 : Mapinfo offre la possibilité de travailler facilement sur des documents vectoriels, il permet également l'édition et l'habillage de document rasters. Mapinfo fournit une variété de fonctionnalités de visualisation et d'édition incluant :

- Ouverture multiple de tables ;
- Gestion de l'affichage et de l'étiquetage des couches ;
- Création et modification d'analyses thématiques ;
- Manipulation des vue ;
- Recherche d'informations associées à une couche ;
- Gestion des unités et des projections.

Vertical Mapper : c'est un logiciel intégré avec le Map-info, il permet d'analysé, de structuré et la gestion des fichiers rasters.

Surfer version 7 : il sert à analysé les structures en trois dimensions, les cartes en mode raster... Dans notre travail on l'utilise pour trouver les points d'eau par le MNT grâce à l'opérateur de Laplace.

Google Earth : Google Earth est un logiciel, propriété de la société Google, permettant une visualisation de la Terre avec un assemblage de photographies aériennes ou satellitaires. Ce logiciel permet pour tout utilisateur de survoler la Terre et de zoomer sur un lieu de son choix. Selon les régions géographiques, les informations disponibles sont plus ou moins précises.

VII.1.2-L'aléa

S'il est techniquement possible de déterminer la puissance du front de feu pouvant atteindre une cible identifiée, il est plus difficile de déterminer où le feu va démarrer et quand celui-ci va devenir un incendie.

Par contre, lors d'un incendie déclaré, quelle que soit sa cause et son point de départ, on peut identifier l'aléa par la puissance du front de feu liée à la biomasse combustible présente et au topo-morphologie identifiée.

Le calcul d'aléa sera donc estimé sur un lieu donné comme étant la puissance potentielle du front de feu l'atteignant

L'aléa est évalué à partir d'une connaissance empirique des conditions d'éclosion, et surtout de propagation des feux de forêts, traduisant essentiellement le risque subit par une parcelle si celle-ci est touchée par un incendie de forêt.

Les facteurs pris en compte pour évaluer l'aléa sont les plus influents sur les conditions de propagation des incendies, il s'agit :

- Du couvert végétal dont les paramètres descriptifs interviennent dans le calcul de l'indice de combustibilité (IC) et l'indice de biomasse (IB).
- Du relief représenté par les paramètres topographiques et de l'ensoleillement qui intervient dans le calcul de l'indice topo-morphologique (IM)

Ces paramètres retenus pour l'étude de l'aléa sont issus de données du terrain et de traitement informatique.

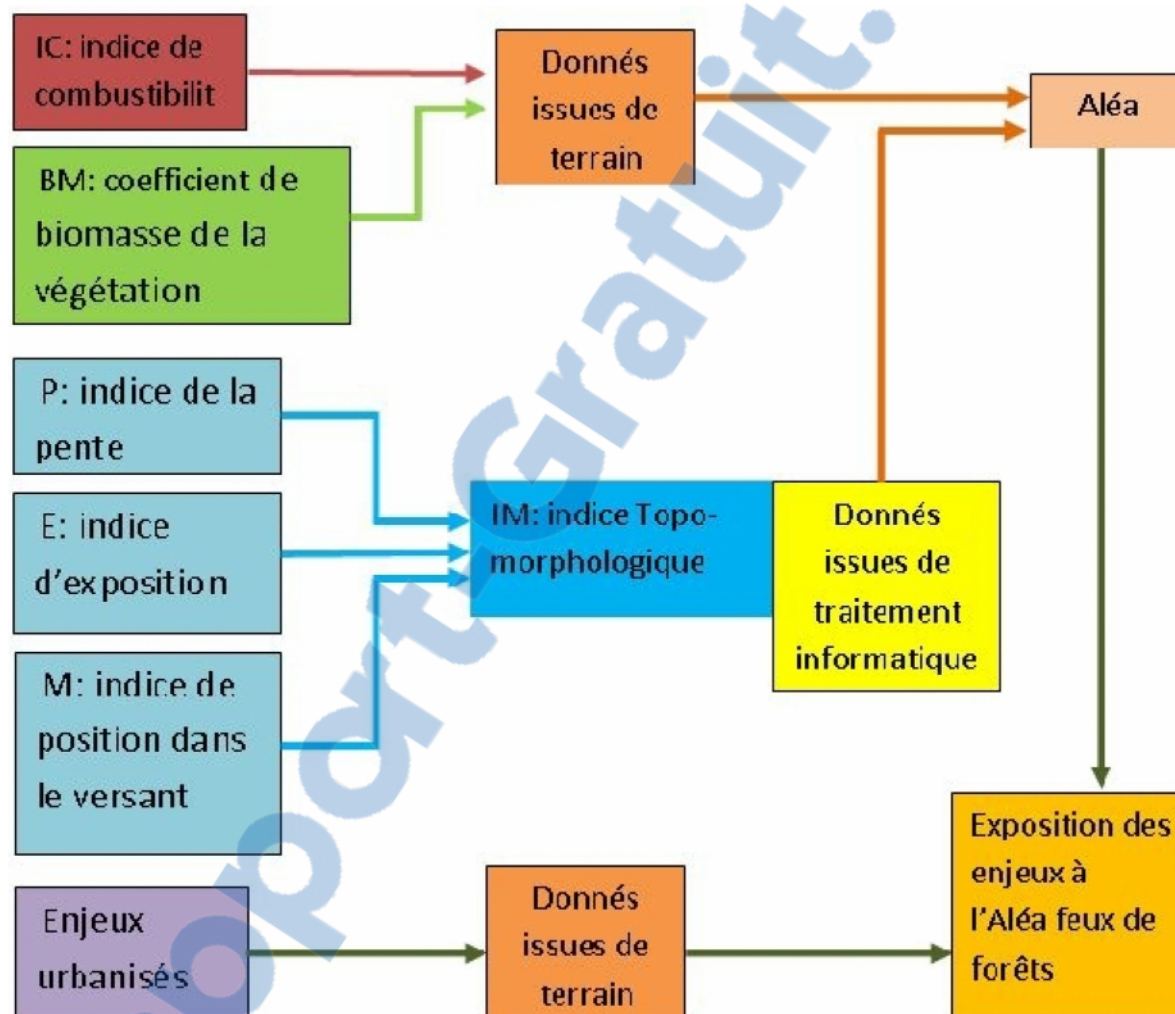


Fig. n° 27 : diagramme de la procédure générale de calcul de l'indice aléa feu de forêt (ONF et DDAF, 2004)

VII.1.2.1-L'Indice de Combustibilité (IC)

La combustibilité de la végétation est estimée à partir d'indices relatifs à sa composition, sa structure et chaque niveau d'information est intégré dans un système d'information géographique (SIG).

Pour l'évaluer l'indice (IC) nous avons utilisé la méthode proposée par ALEXANDRIAN (1982)

$$\text{IC} = 39 + 0,23 \text{ BV} (\text{E}^1 + \text{E}^2 - 7,8) \dots \dots \dots \text{(I)}$$

Où **BV** est le biovolume de la formation végétale. Est obtenu par addition des taux de recouvrements de chacune des 4 strates de végétation (ligneux hauts, ligneux bas, herbacées, litière) auxquels on ajoute le taux de recouvrement des chicots et les bios morts, s'il y a lieu.

Chacun de ces taux de recouvrement est compris entre 0 (absence de strate) et 10 (strate formant un couvert fermé) ; le biovolume donc compris entre 0 et 50

Et E1, E2 sont les notes d'intensité calorifique (compris entre 1 et 8) des deux espèces dominantes : E1 pour ligneux hauts et E2 pour les ligneux bas ou herbacées (CEMAGREF, 1989) (annexe n°01)

VII.1.2.1.1-L'indice de biovolume (BV)

$$\text{BV} = \text{BV}_1 + \text{BV}_2 + \text{BV}_3 + \text{BV}_4 \dots \dots \dots \text{(II)}$$

BV₁ : représente le taux de recouvrement des ligneux hauts ;

BV₂ : représente le taux de recouvrement des ligneux bas ;

BV₃ : représente le taux de recouvrement de la strate herbacé ;

BV₄ : représente le taux de recouvrement de la litière.

Chacun de ces taux de recouvrements est codifié de 0 à 10.

Pour qu'on puisse réaliser des couches d'informations sur l'Indice de biovolume BV il fallait disposer de documents (image satellitaire, photo-aériennes) plus précises (à grande échelle ou résolution). La non disponibilité de photo-aériennes et la faible résolution de l'image satellitaire disponible (LANDSAT résolution de 28,5×28,5 m) pour la détermination des différents taux de recouvrement, nous avons jugé utile de se baser sur la perception offerte par Google Earth. A propos de la résolution, la méthode d'ALEXANDRIAN se limite à une résolution de 2.5×2.5 m, celle qu'offre le Google Earth à partir de Quickbird et autre est de 0.66×0.66 m.

Exemple d'utilisation de Google Earth :



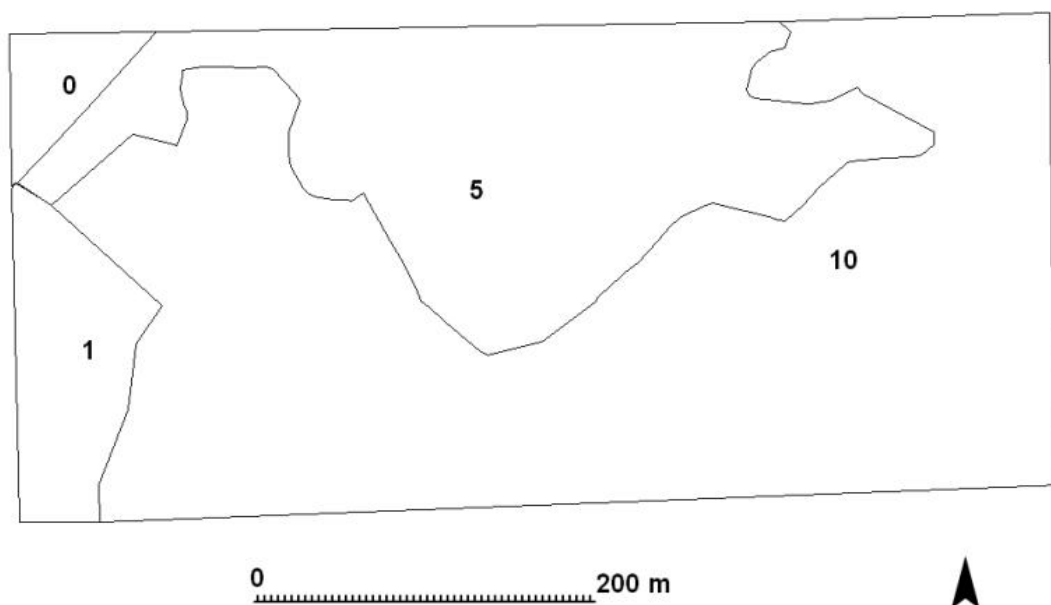
Carte n° 02 : carte de relevé de BV₁ à partir de Google

La tâche consiste à réaliser des polygones dans logiciel Google Earth sous forme de fichiers KML, puis les ouvrir dans un SIG en formant une couche de dessin qui montre la répartition des ligneux hauts et des zones contenant presque des même taux de recouvrements de la strate arboré (BV₁).

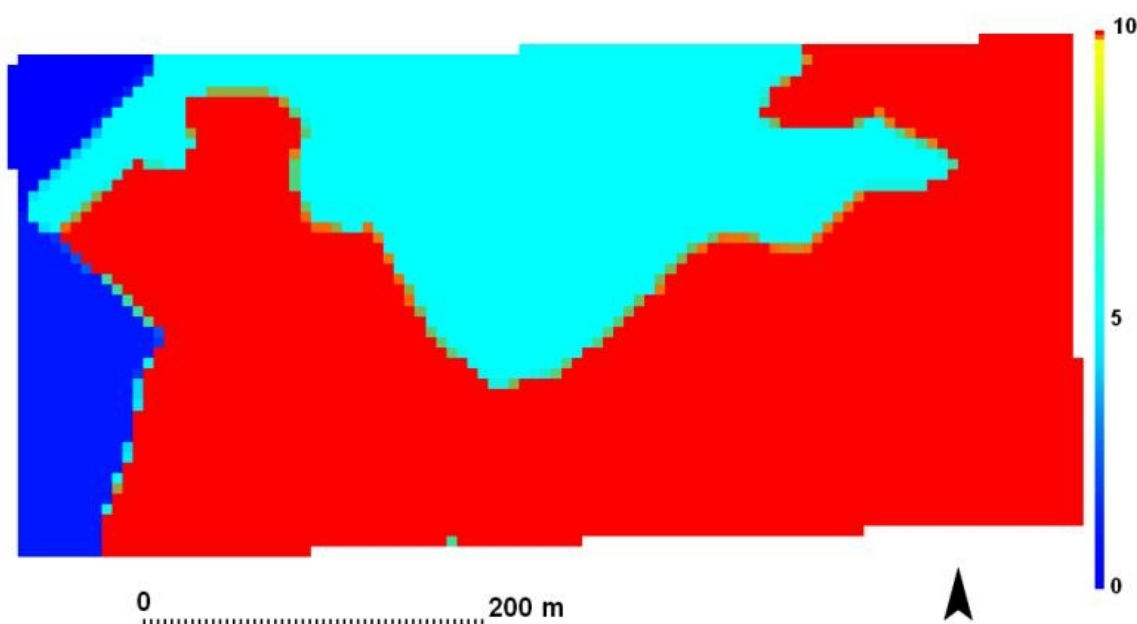
Dans le SIG (Mapinfo) on spécifie la projection, la catégorie ou datum et la zone, dans notre cas la projection est UTM, le datum : WGS 84, la zone : fuseau 30 hémisphère Nord et on obtient la répartition de ces zones avec la mention des valeurs du code représentent le taux de recouvrement des arbres dans une couche d'information en mode vecteur comme l'indique la carte suivante.

Remarque : concernant l'orientation, google earth ne présente pas les polygones biens orientées vers le Nord contrairement à la représentation du SIG qui corrige celle-ci, après la spécification des caractères précédemment indiqués (projection).





Carte n°03 : carte de relevé de BV_1 en mode vecteur



Carte n° 04 : carte de relevé de BV_1 en mode raster

Puis on rastérise la couche d'information en mode vecteur pour l'obtention d'une carte raster superposable aux autres couches rasters congénères, l'opération s'effectue par des calculs en formules mathématiques. Comme est expliqué ci après.

Exemple :

La collecte des informations sous forme de SIG à partir du terrain ou cartes déjà réalisées, s'effectue par le mode vecteur où les objets sont plus nets. La digitalisation de ces objets nécessite l'application d'une base de données, c'est-à-dire l'affectation aux objets constituant le terrain des valeurs représentatives ou des codes correspondants

L'application d'une formule mathématique entre différentes couches d'informations oblige de les transformer du mode vecteur au mode raster, c.à.d. découper la couche d'information en mailles ou en cellules uniformes dont les dimensions de celles-ci reste au choix de l'utilisateur et chaque cellule contient les valeurs (x, y, z). Les coordonnées sont « x, y », « z » c'est la valeur représentative du code au mode raster (Fig. 28)

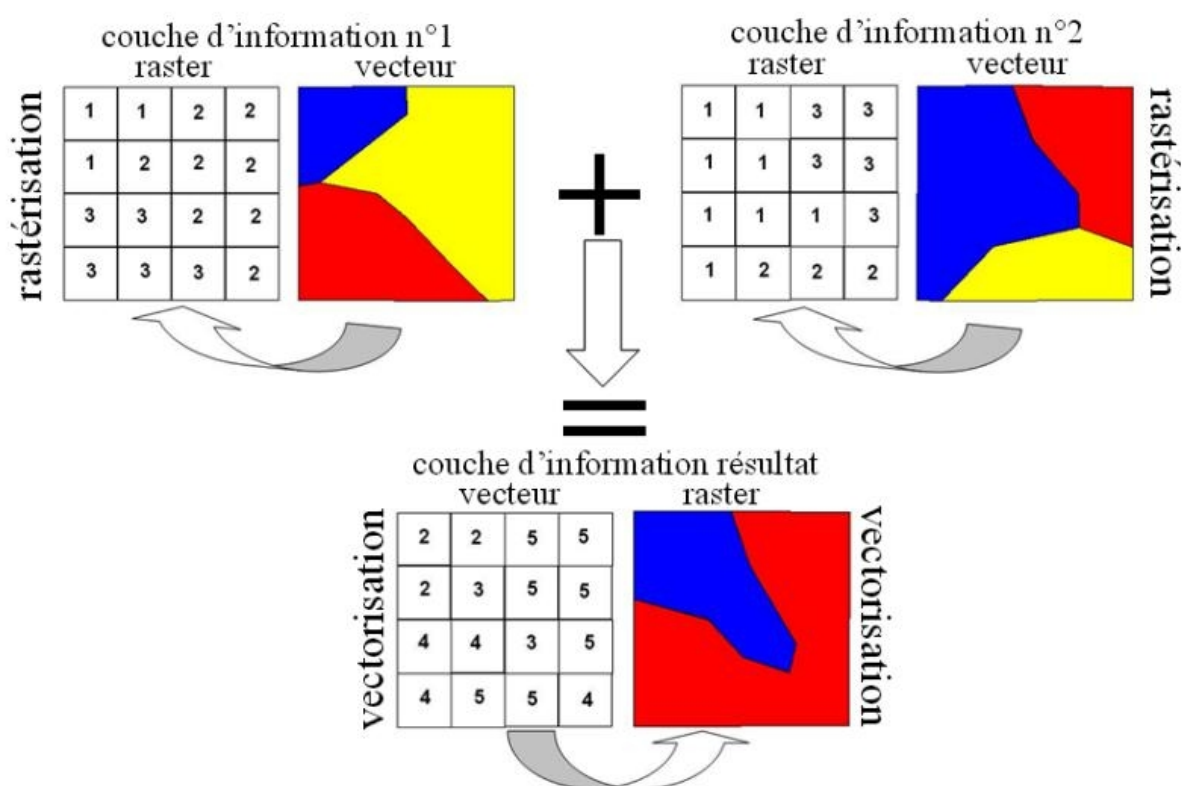


Fig. n° 28 : Exemple de rasterisation et vectorisation

L'opération mathématique s'effectue entre les deux couches raster qui est dans notre cas une addition pour obtenir une couche raster avec des valeurs comprises entre 2 et 5. Le logiciel vertical mapper permet de réaliser des contours à partir du choix de l'utilisateur, dans l'exemple les valeurs 2 et 3 représente la zone bleue et 4, 5, la zone rouge.

Remarque : la résolution spatiale (dimensions du pixel ou cellule) de chaque couche raster superposable n'est pas importante, les deux couches raster doivent avoir la même projection.

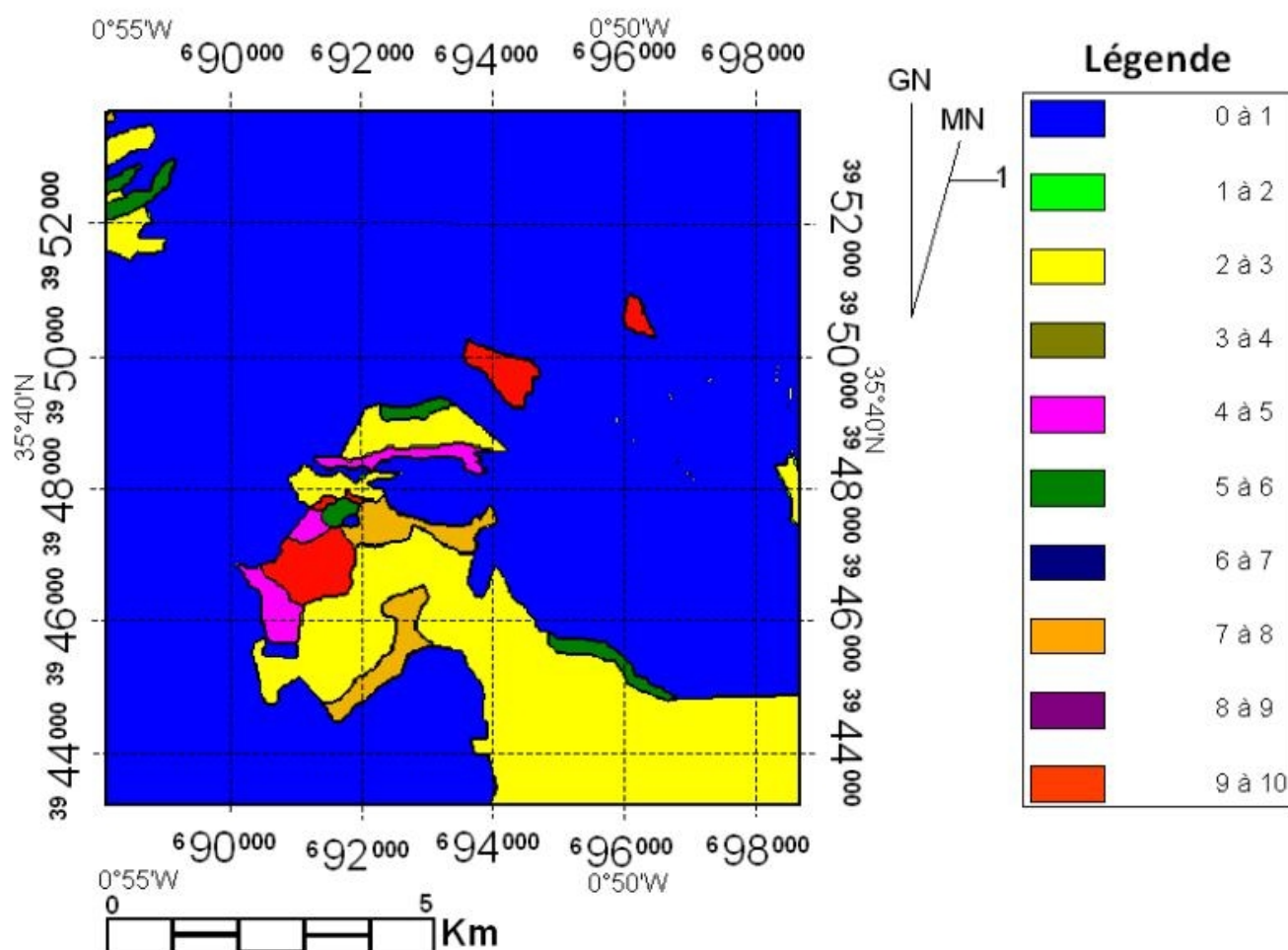


Photo n° 01 : état de la litière dans la forêt de M' sila

Remarque : l'exemple de l'utilisation de Google Earth, concernant le BV2 et BV3 est représenté dans les pages annexes 5, 6 et 7.

Le taux de recouvrement de la litière BV4, sont des constatations à partir de l'étage arboré des ligneux bas comme c'est illustré dans la photo n° 01.

VII.1.2.1.1-Taux de recouvrement des ligneux hauts (BV_1)



Carte n° 05 : carte de BV_1 en mode vecteur

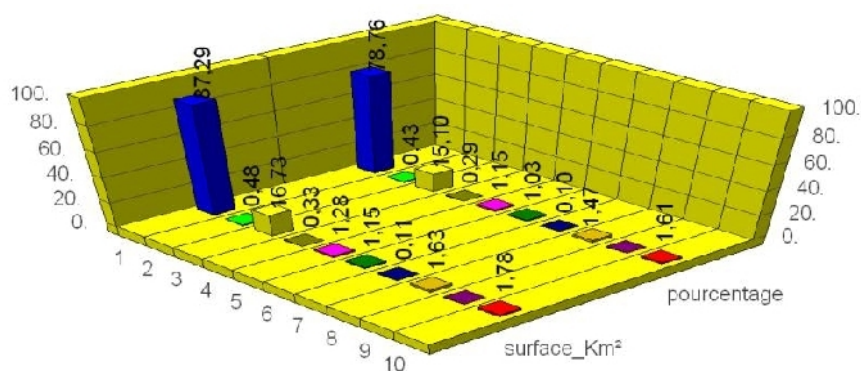
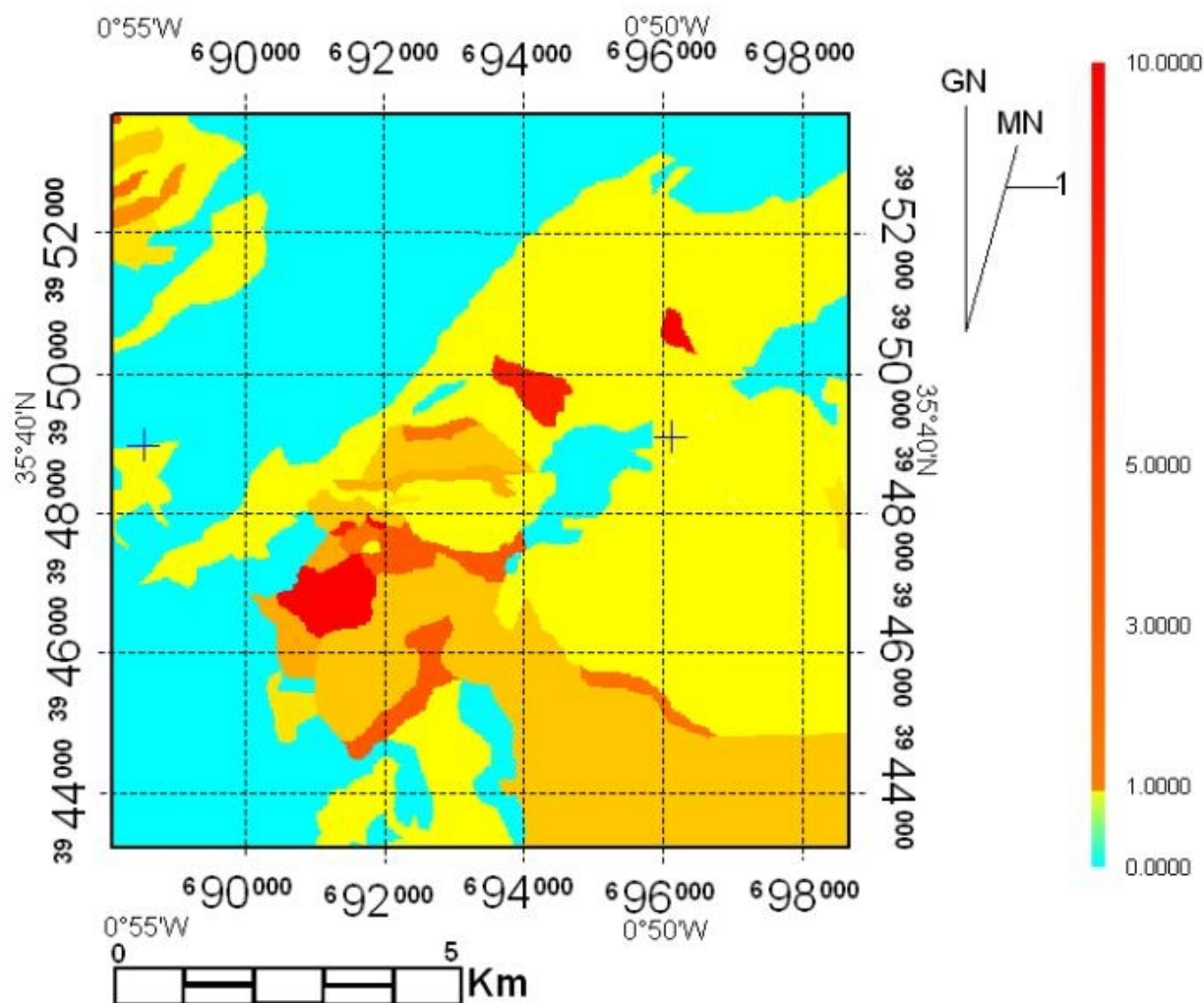


Fig. n° 29 : surface et pourcentage de BV_1

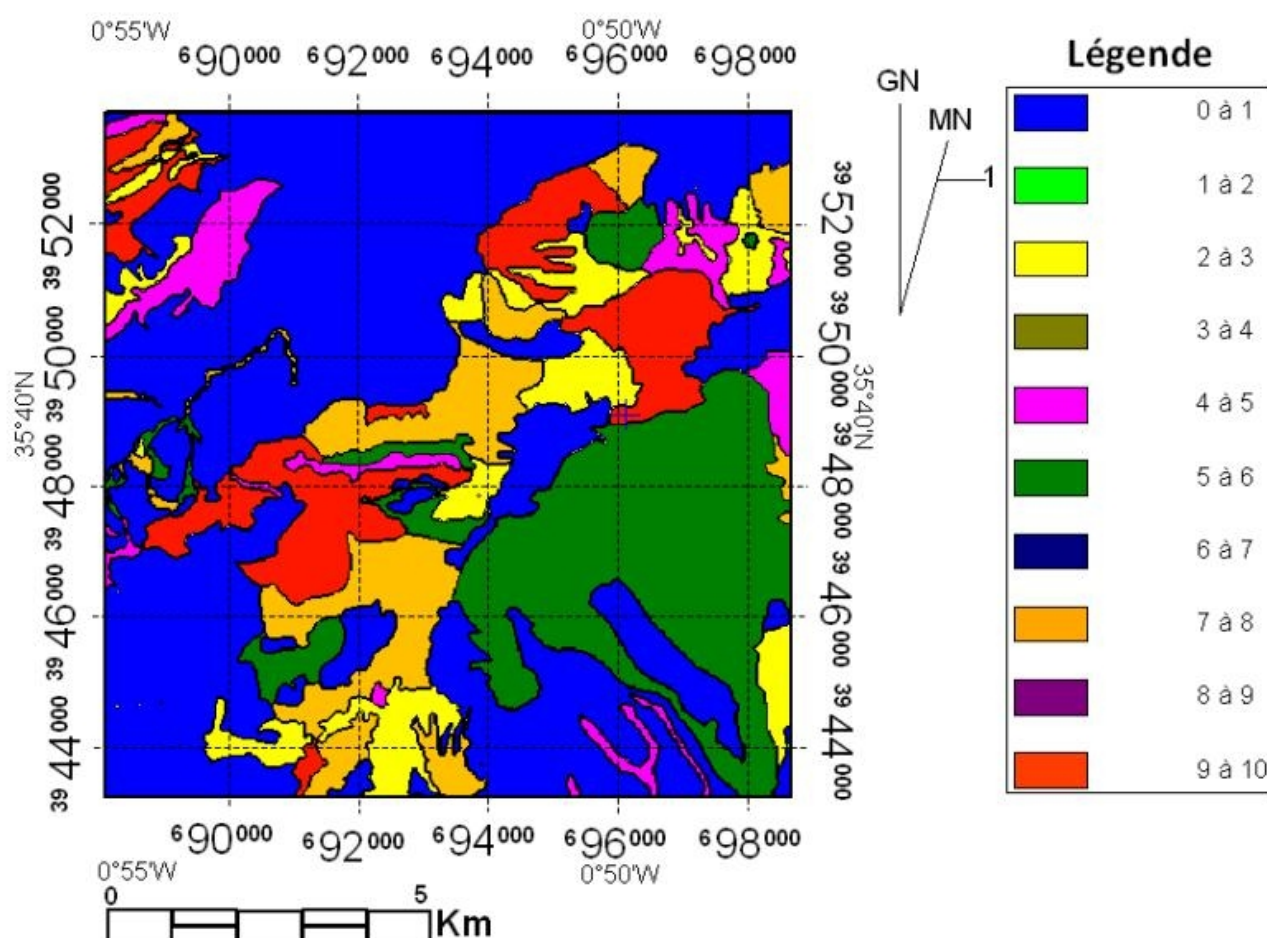
La partie bleue représentant un indice de recouvrement de 0 à 1 de la strate arboré domine la zone d'étude, elle occupe une surface de 87.29 Km². Cette situation, indique la présence de l'agriculture principalement les céréales, des agglomérations et des arbres très dispersés en maquis. La partie jaune d'indice 2 à 3 qui occupe une superficie de 16.73 Km², elle indique les arbres du maquis. La partie en rouge d'indice

9 à 10 et de 1.78 Km² de superficie représente des peuplements de couvert fermé en strate arboré et d'une hauteur supérieure à 04 mètre.



Carte n° 06 : carte de BV₁ en mode raster

VII.1.2.1.1.2 Taux de recouvrement des ligneux bas (BV2)



Carte n° 07 : carte de BV₂ en mode vecteur

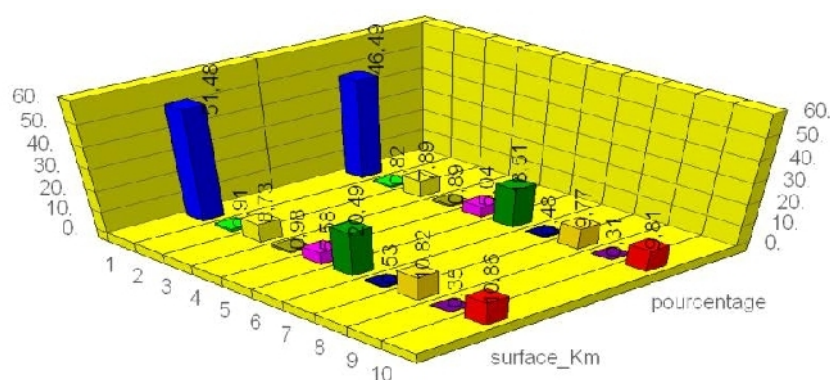


Fig. n° 30 : surface et pourcentage de BV₂

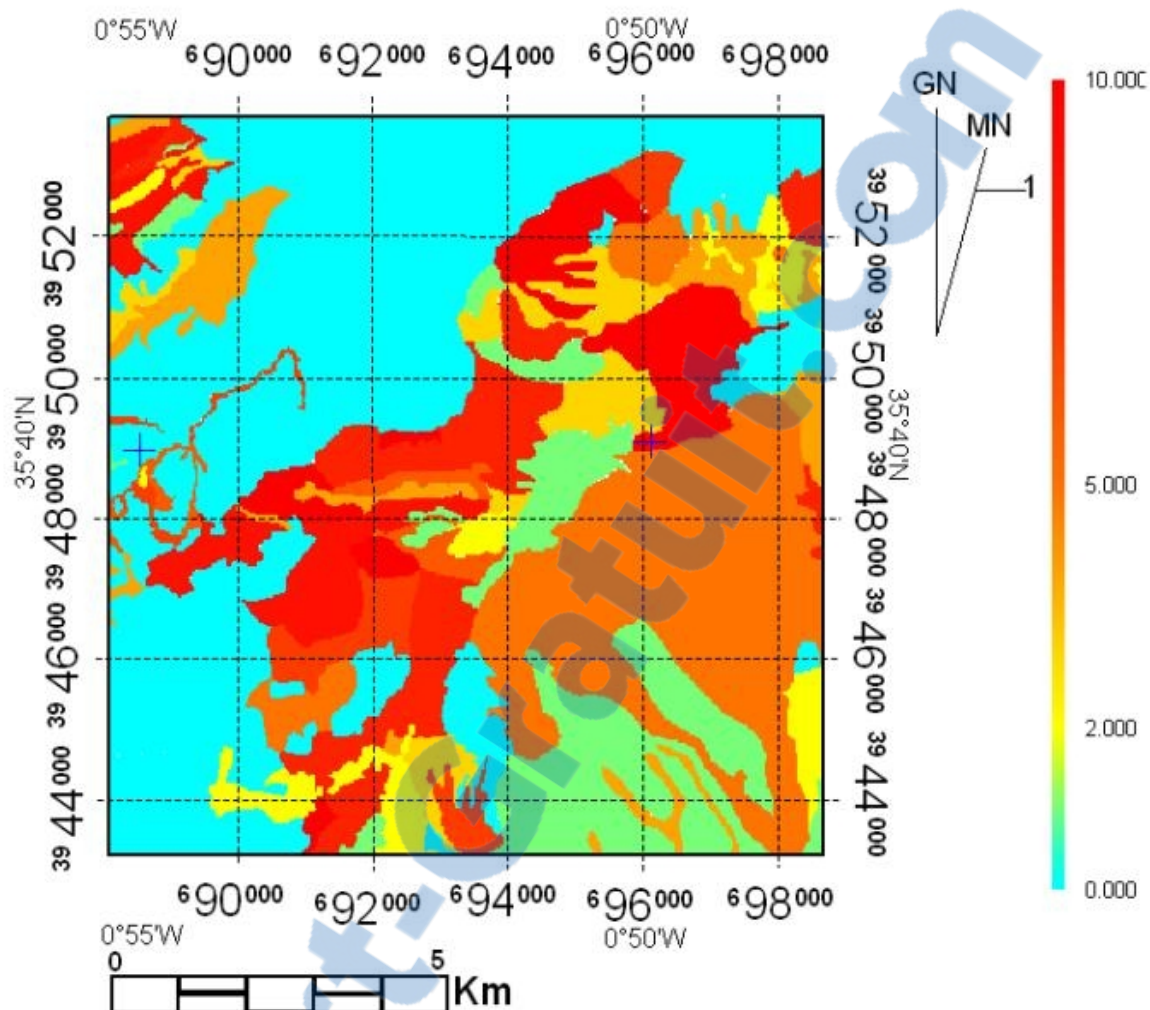
La partie en bleu d'un indice de recouvrement de 0 et 1 de ligneux bas, occupe une surface de 51.48 Km² ; soit 46.49% de la surface totale de la zone d'étude occupée par la céréaliculture, les agglomérations et les terrains nus ou labourés.

La grande partie des indices 4 à 9 représente les ligneux bas en sous étage de la strate arborée, le reste indique un maquis clair.

Les parties rouges (x1=690 Km, x2=692 Km, y1=3950 Km, y2=3946 km) et (x1=688 Km, x2=690 Km, y1=3954 Km, y2=3952 Km) représentent les ligneux bas denses (Photo n° 02), les autres parties rouges sont des maquis denses avec quelques arbres distendus.

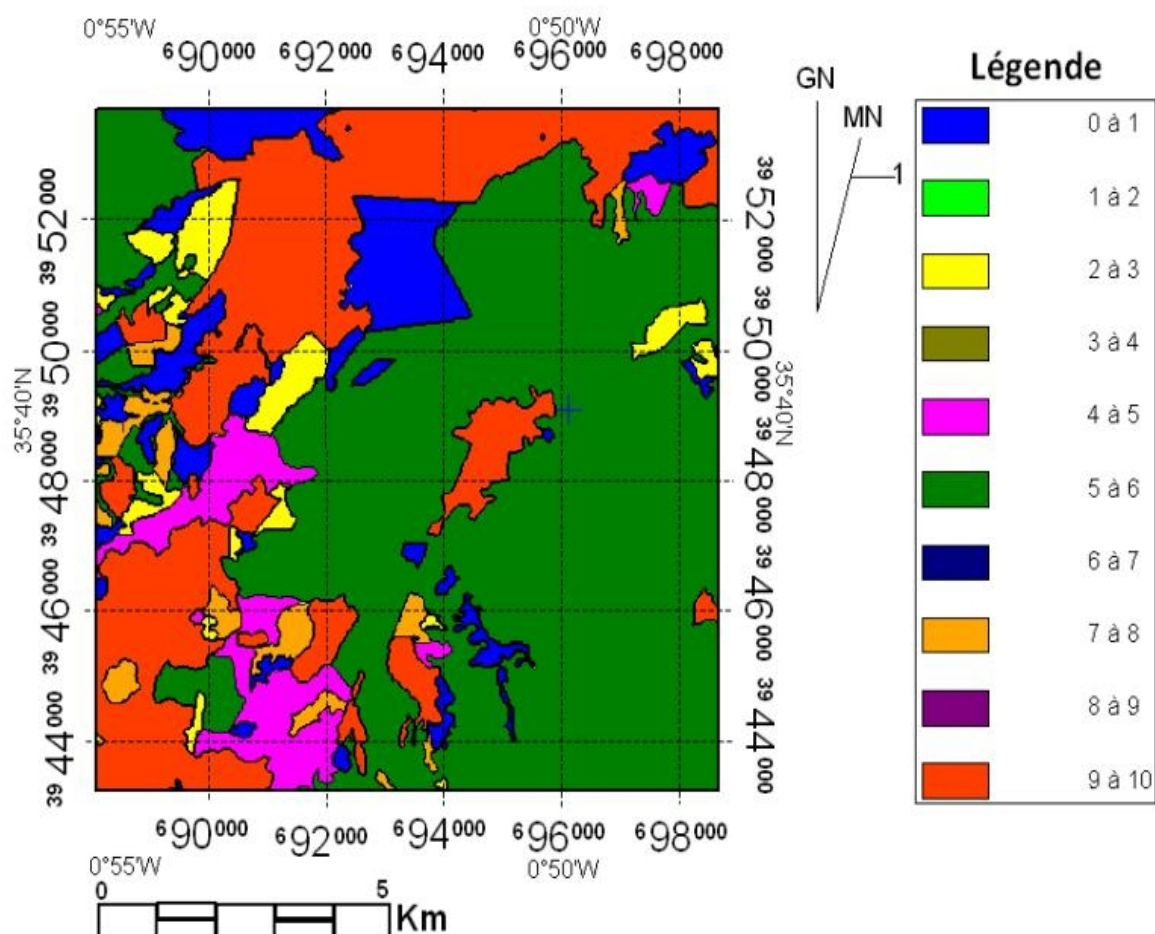


Photo n° 02 : ligneux bas dense dans la forêt de M'sila



Carte n° 08 : carte de BV_2 en mode raster

VII.1.2.1.1.3 Taux de recouvrement de la strate herbacée (BV₃)



Carte n° 09 : carte de BV₃ en mode vecteur

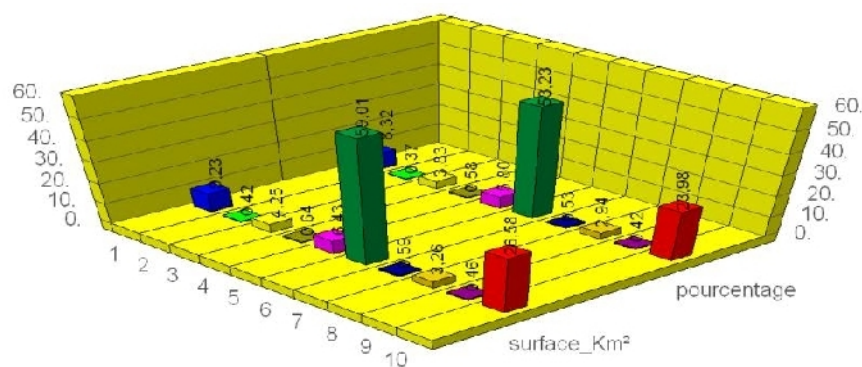


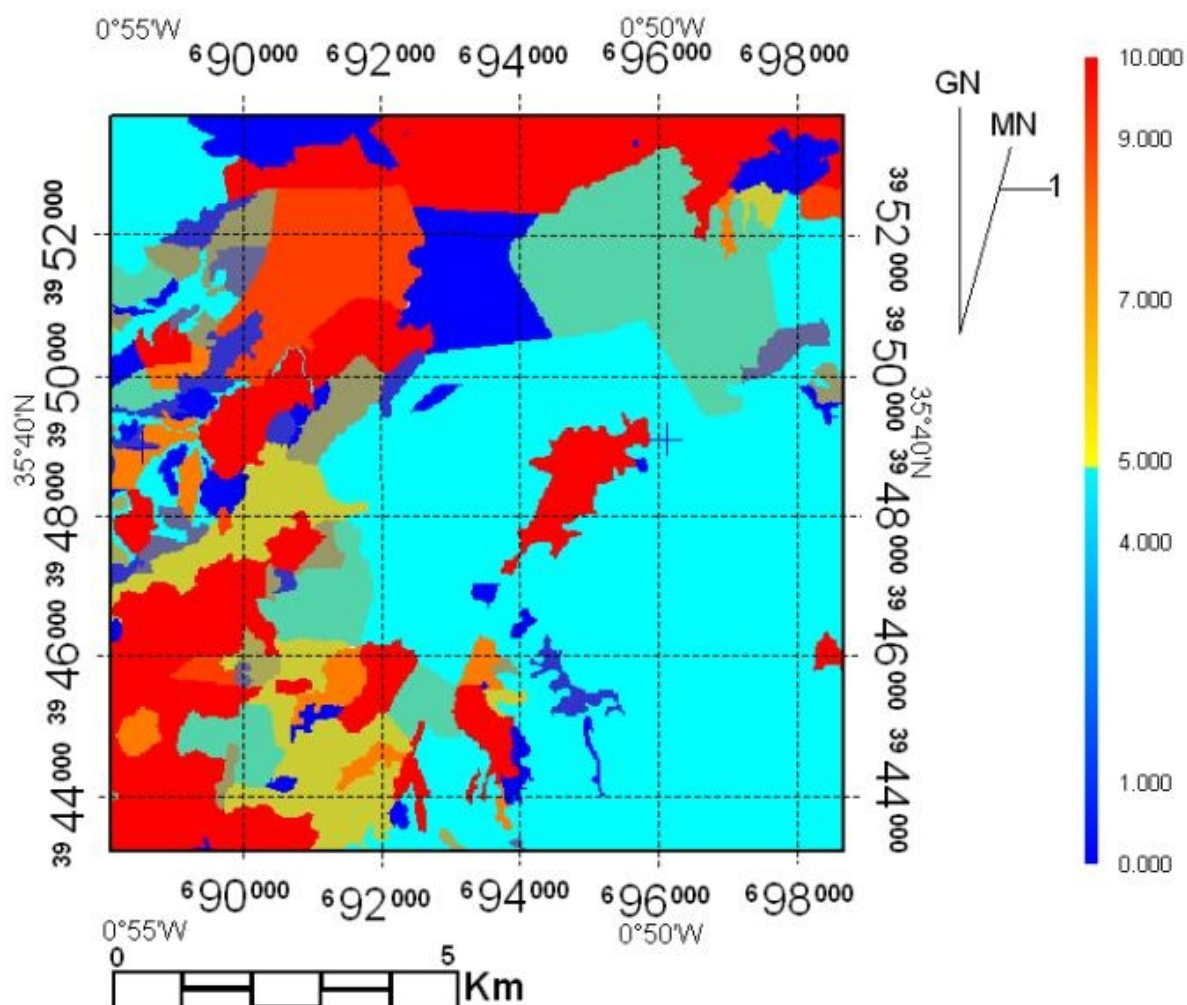
Fig. n° 31 : surface et pourcentage de BV₃

Globalement la lecture de la carte 09 (à l'exception de la couleur bleue qui est une représentation des agglomérations, des terrains nus et même la mer) on peut dire que la strate herbacée est fortement présente avec des indices différents depuis 1 jusqu'à l'indice 10. En matière de pyrologie la céréaliculture considérée comme strate herbacée fermée, représentée par les zones rouges est fortement présente soit 26,58 Km². Quant

à la couleur verte, c'est une indication de la présence de cette strate dans la forêt de M'sila 59 Km², d'où ce risque permanent de déclenchement d'incendie.



Photo n° 03 : tapie herbacée dans la forêt de M'sila (maison forestière)



Carte n° 10 : carte de BV₃ en mode raster

Remarque : pour l'extraction des informations relatives à la strate herbacée à partir de Google earth, de préférence l'opérateur utilise l'image des mois de la sève se qui lui facilite la distinction entre l'herbe et le sol nu comme montre les figures de comparaison n° 32 et 33

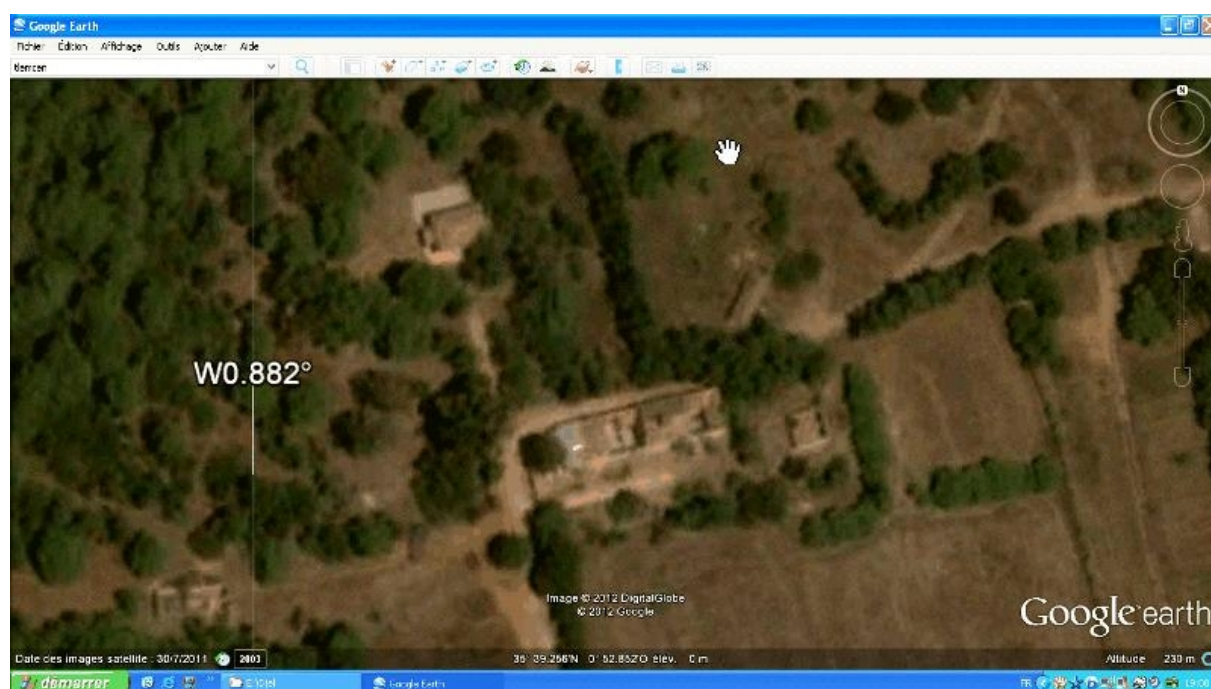


Fig. n° 32 : La région de la maison forestier de M'sila en mois hors sève

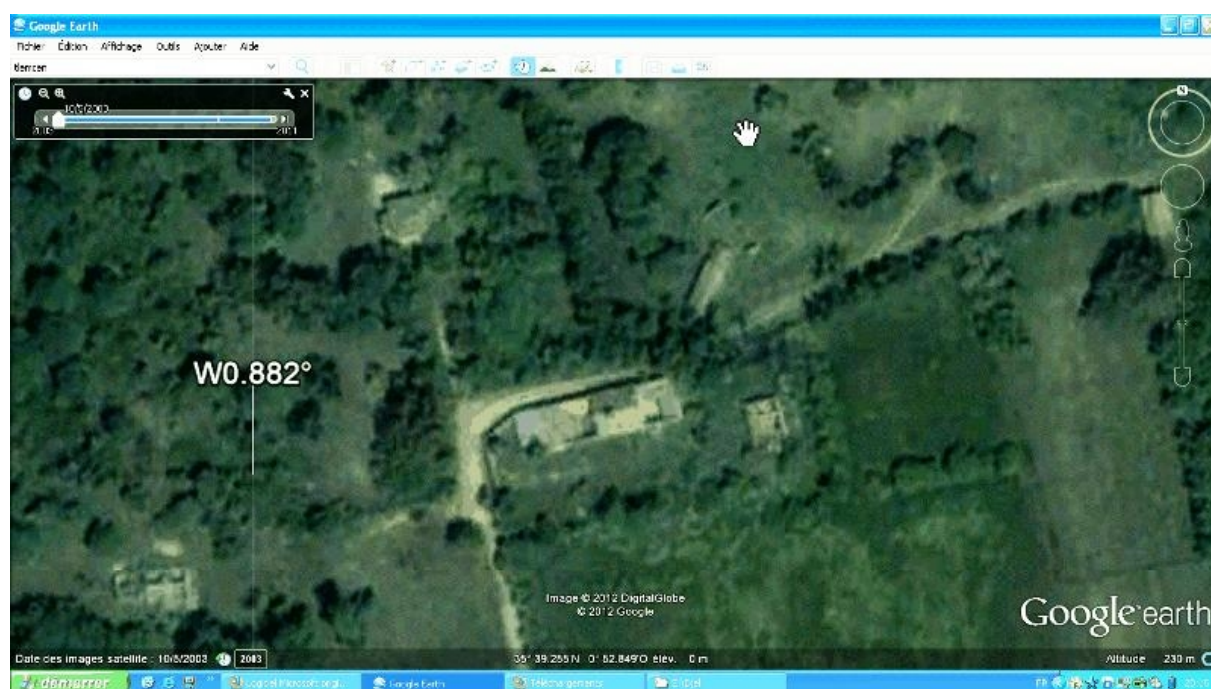
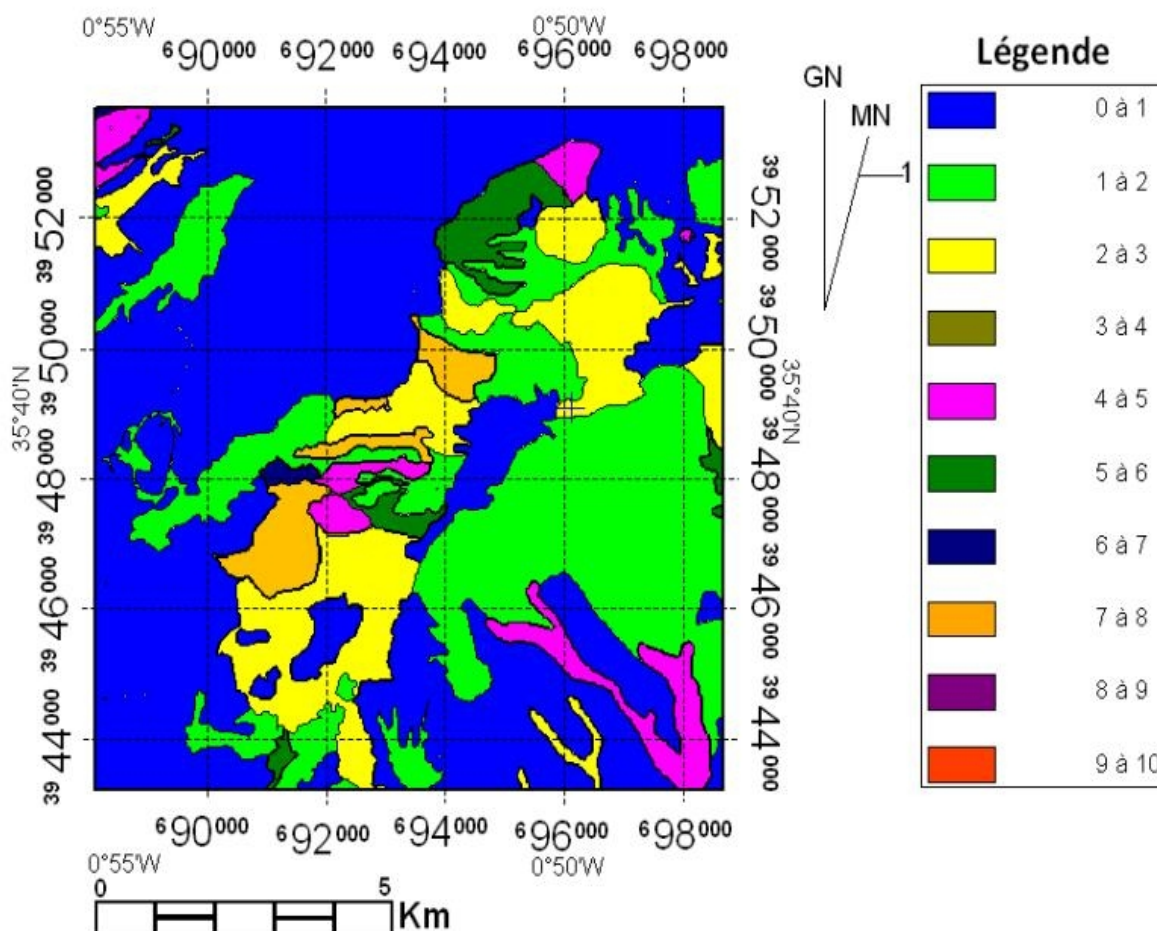


Fig. n° 33 : La région de la maison forestier de M'sila en mois de sève

VII.1.2.1.1.4 Taux de recouvrement de la litière (BV₄)



Carte n° 11 : carte de BV₄ en mode vecteur

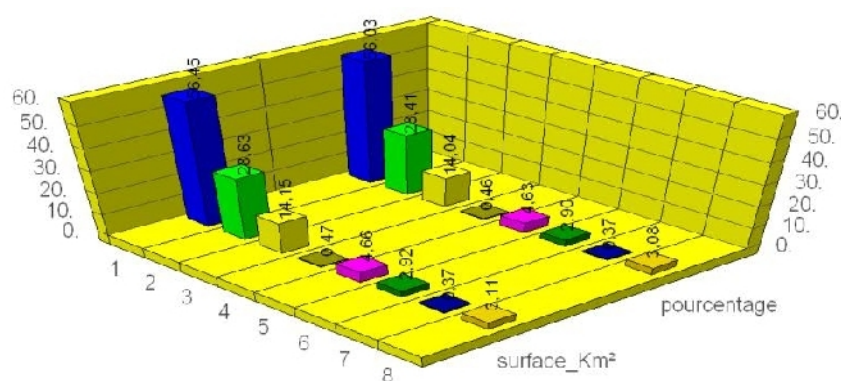
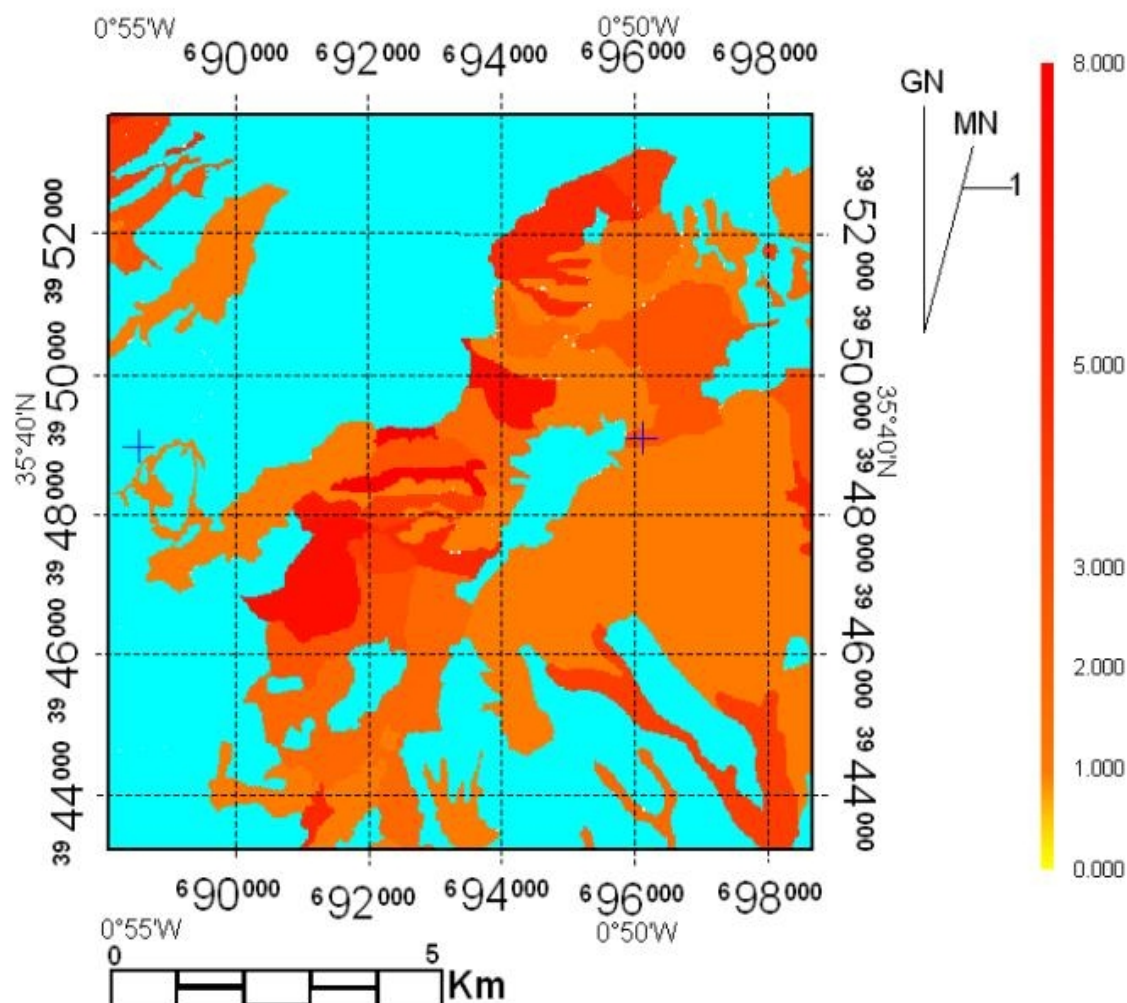


Fig. n° 34 : surface et pourcentage de BV₄

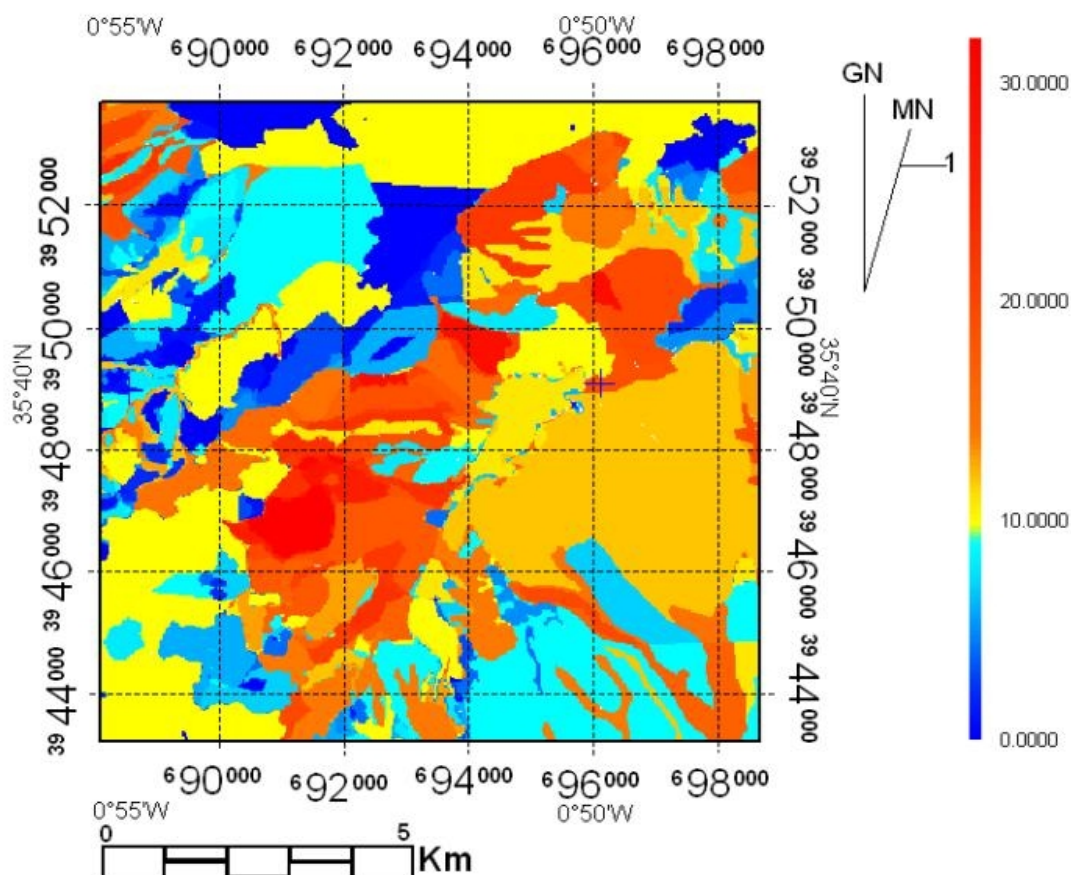
La litière est la couche composée de matières organiques mortes, elle se trouve sous les forêts et autre formations basses. La forêt de M'sila est dominée par la subéraie, où la litière est en générale moyennement présente avec une faible épaisseur (Photo n° 01).



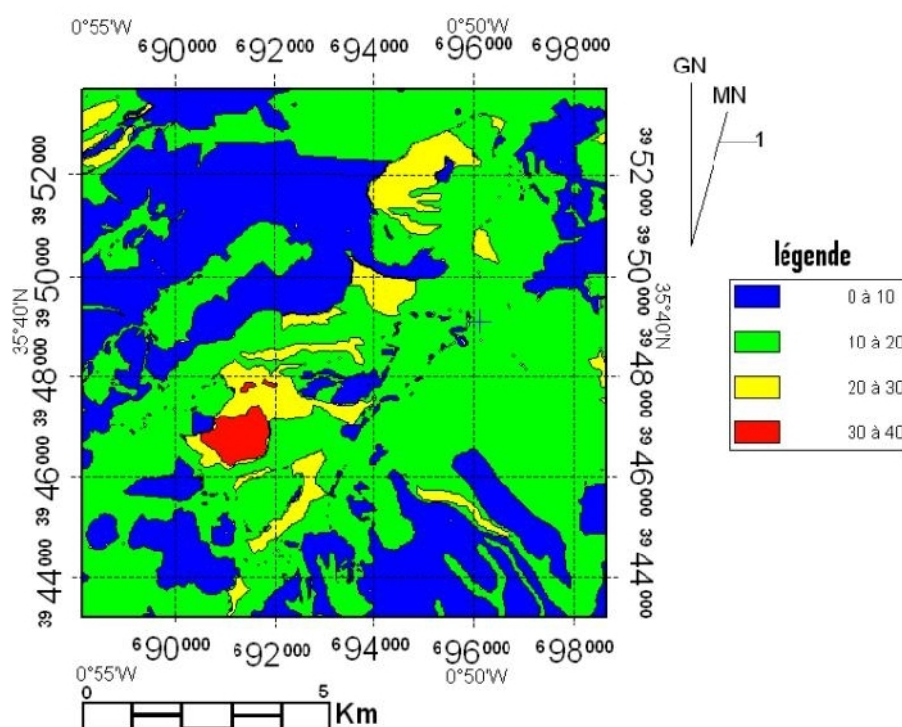
Carte n° 12 : carte de BV₄ en mode raster

Les quatre couches d'informations des BV de 1 à 4 en mode raster soit disponibles pour les superposés et obtenir une seule couche raster présentant le (BV). L'indice de Biovolume à des valeurs entre 0 et 40 (carte n° 13).

L'opérateur peut faire des contours ou grouper des intervalles de variations pour qu'il puisse effectuer un zonage dans une couche vecteur (carte n° 14) avec des surfaces connues en SIG.



Carte n° 13 : carte de BV en mode raster



Carte n° 14 : carte de BV en mode vecteur

La couleur rouge où les quatre indices sont présents avec les recouvrements les plus élevés qu'il soit 1,07 Km² de superficie. A partir de la carte n°14 on aperçoit que la major partie de la forêt de M'sila en zonage vert et jaune

VII.1.2.1.2 Note calorifique (E)

Tableau n° 16 : Inventaire de la flore accompagnatrice du chêne-liège et taux de recouvrement des espèces et des strates dans les différentes stations.
(BOUHRAOUA R, 2003)

Forêt	M'Sila			
Strates / Stations	1	2	3	4
Arborescente	4	4	4	4
<u>Quercus suber</u>	4	4	3	3
<i>Quercus faginea</i>	-	-	-	-
<i>Pinus halepensis</i>	1	2	3	2
<i>Quercus rotundifolia</i>	-	-	-	-
Arbustive	2	1	2	3
<i>Quercus suber</i>	2	1	2	3
<i>Quercus faginea</i>	-	-	-	-
<i>Quercus rotundifolia</i>	-	-	-	-
<i>Pinus halepensis</i>	1	1	1	1
<i>Olea europaea oleaster</i>	1	-	-	-
<i>Juniperus oxycedrus</i>	-	-	-	-
<i>Fraxinus oxyphilla</i>	-	-	-	-
Sous-arbustive haute	1	-	3	3
<i>Quercus suber</i>	+	-	1	1
<i>Quercus faginea</i>	-	-	-	-
<i>Quercus rotundifolia</i>	-	-	-	-
<i>Quercus coccifera</i>	-	-	-	-
<i>Genista tricuspidata</i>	-	-	-	-
<i>Calycotome spinosa</i>	-	-	-	-
<i>Asparagus acutifolius</i>	-	-	1	-
<u><i>Phillyrea angustifolia</i></u>	1	-	2	1
<i>Crataegus monogyna</i>	-	-	1	1
<i>Olea europaea oleaster</i>	-	-	-	-
<i>Rubus ulmifolius</i>	-	-	-	-
<i>Pistacia lentiscus</i>	1	-	1	-
<i>Juniperus oxycedrus</i>	-	-	-	-
<i>Arbutus unedo</i>	-	-	2	1
<i>Rosa carina</i>	-	-	-	-
<i>Pinus halepensis</i>	-	-	1	1

<i>Smilax aspera</i>	-	-	-	-
<i>Hedera helix</i>	-	-	1	1
<i>Lonicera implexa</i>	-	-	1	1

Quatre stations sont utilisées comme stations de références, les stations 1 et 2 situées dans le canton Cheikh Ben Khalifa, les deux autres soit situées dans le domaine de M'sila.

La note calorifique du chêne liège est inférieure à celle du chêne vert beaucoup plus proche au chêne pubescent, qui possède une note de combustibilité de 05 CEMAGREF (1989) (page annexe n° 01), l'étage inférieur est dominé par *filaria* (*filaria angustifolia*) qui selon la même source possède une intensité calorifique de 05. Alors (E1=05) et (E2=05)

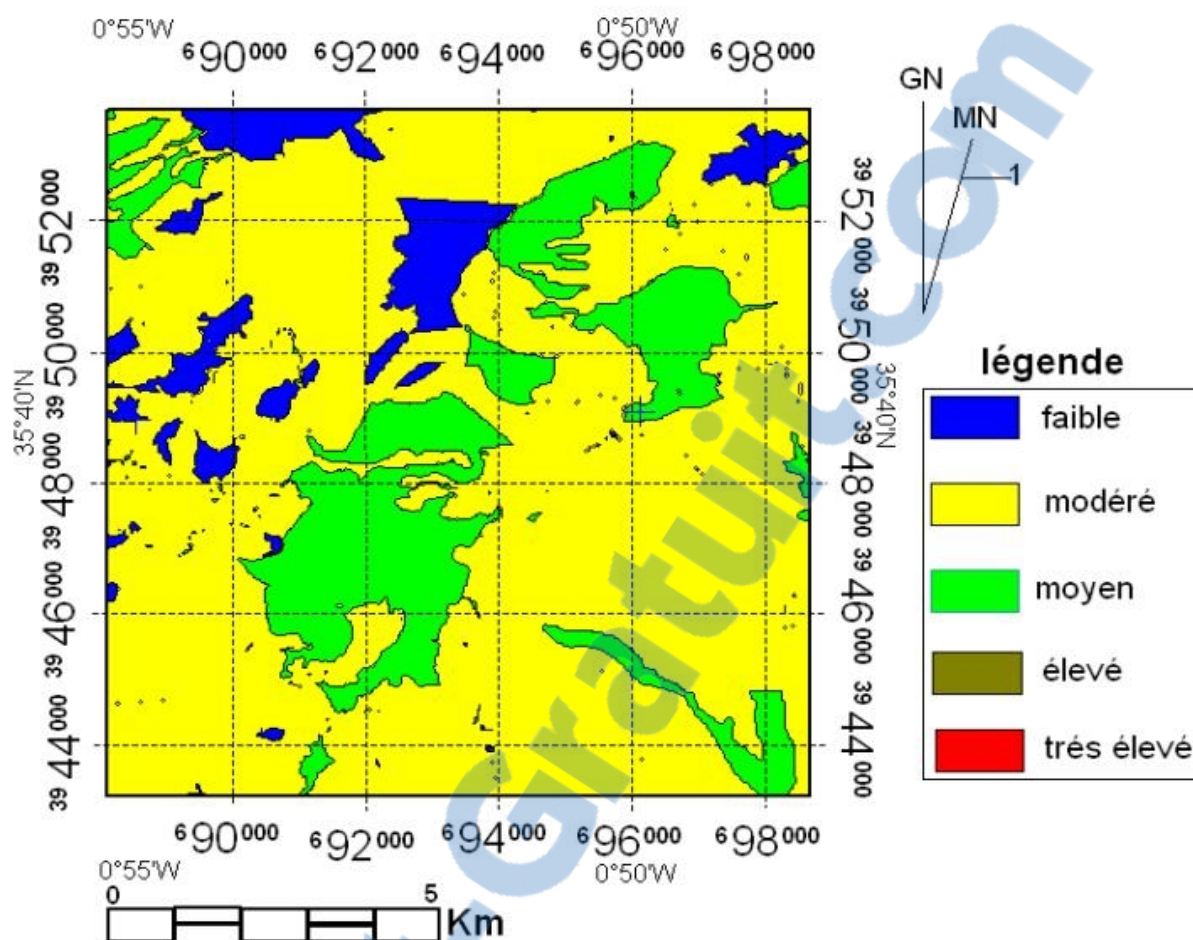
$$IC = 39 + 0,23 BV (E1 + E2 - 7,8)$$

$$IC = 39 + 0,23 BV (5 + 5 - 7,8)$$

$$IC = 39 + 0,6486 * BV \dots \dots \dots (III)$$

L'indice de combustibilité peut atteindre théoriquement la valeur 140. Il est codifié en cinq classes.

1. Faible : $IC < 40$
2. Modéré : $40 \leq IC < 50$
3. Moyen : $50 \leq IC < 60$
4. Elevé : $60 \leq IC < 70$
5. Très élevé : $IC > 70$



Carte n° 15 : carte de zonage d'IC

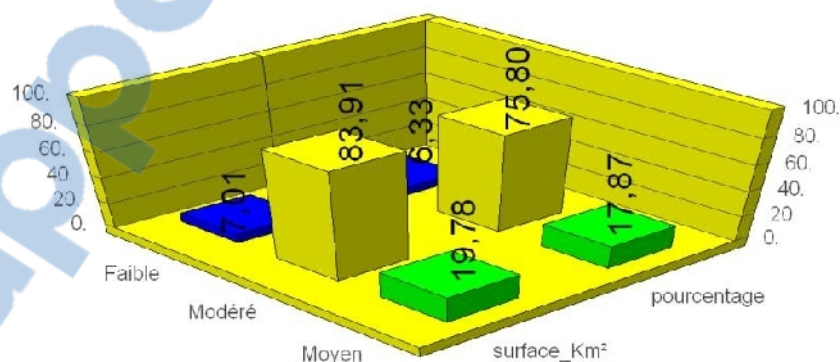
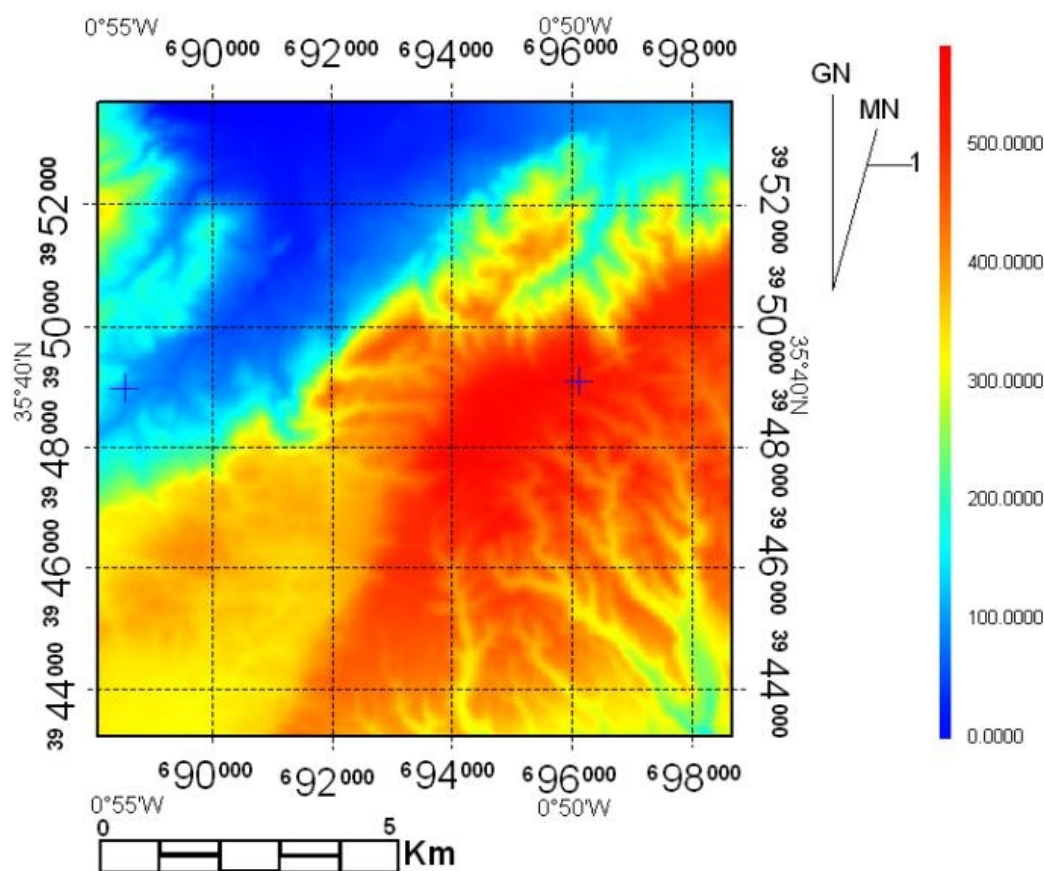


Fig. n° 35 : surface et pourcentage d'IC

La carte de l'indice de combustibilité (IC) montre le manque des deux dernières classes pour les risques élevés et très élevé dans notre zone d'étude, les pourcentages des superficies sont 6,33% pour la classe de risque faible, modéré 75,80%, et la classe de risque moyen 17,87%

VII.1.2.2 L'indice Topo morphologique (IM)

Pour qu'on puisse réaliser une couche d'information présentant l'indice topo morphologie IM, il fallait avoir le MNT ; Model Numérique de Terrain, c'est une couche raster maillée de cellules (pixels) où le vertical de celle-ci présente l'altitude, le MNT est la source des différentes paramètres topographiques (l'hypsométrie, la pente, l'exposition...)

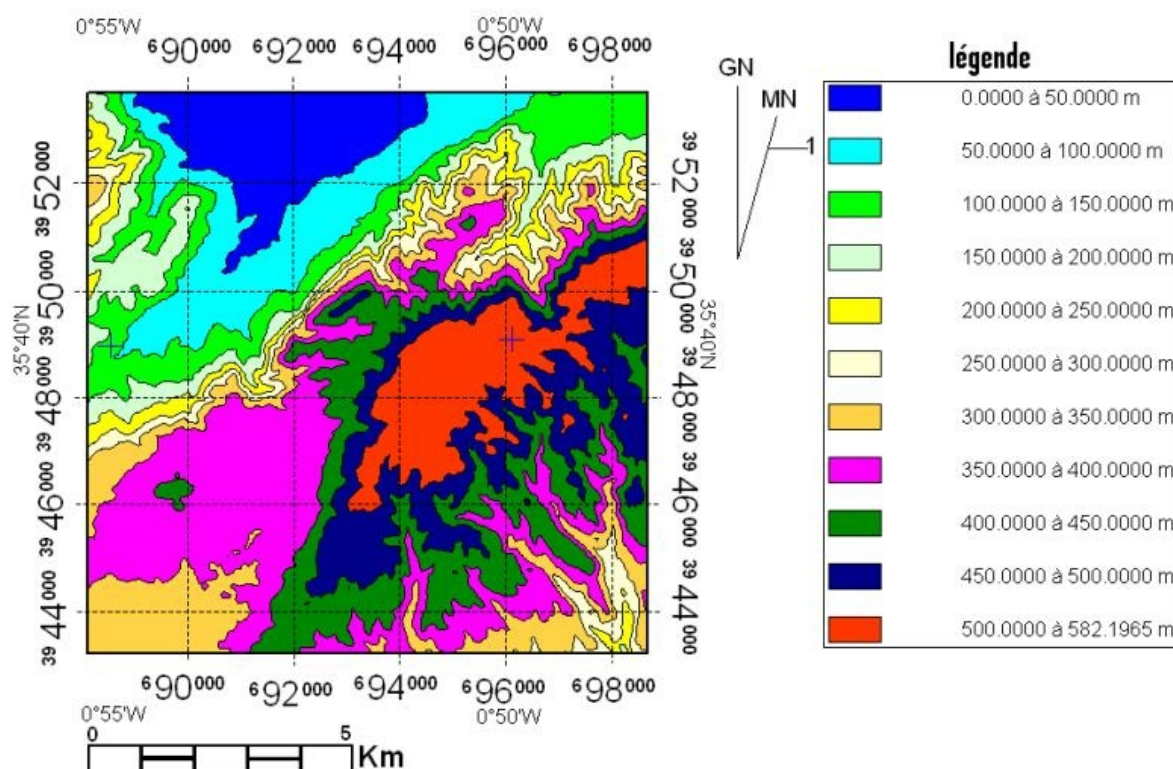


Carte n° 16 : carte MNT en mode raster

VII.1.2.2.1 L'hypsométrie

Réaliser l'hypsométrie de la zone d'étude, c'est découper cette zone en tranches d'altitudes avec une équidistance (50 m dans la carte n° 17) choisi par l'opérateur à partir de l'utilisation de la carte hypsométrique (étude des incendies) et à partir aussi de l'altitude maximale et minimale.

La carte hypsométrique montre que la forêt de M'sila à une topographie plus ou moins accidentée dans la majorité des régions de la zone d'étude.



Carte n° 17 : carte hypsométrique

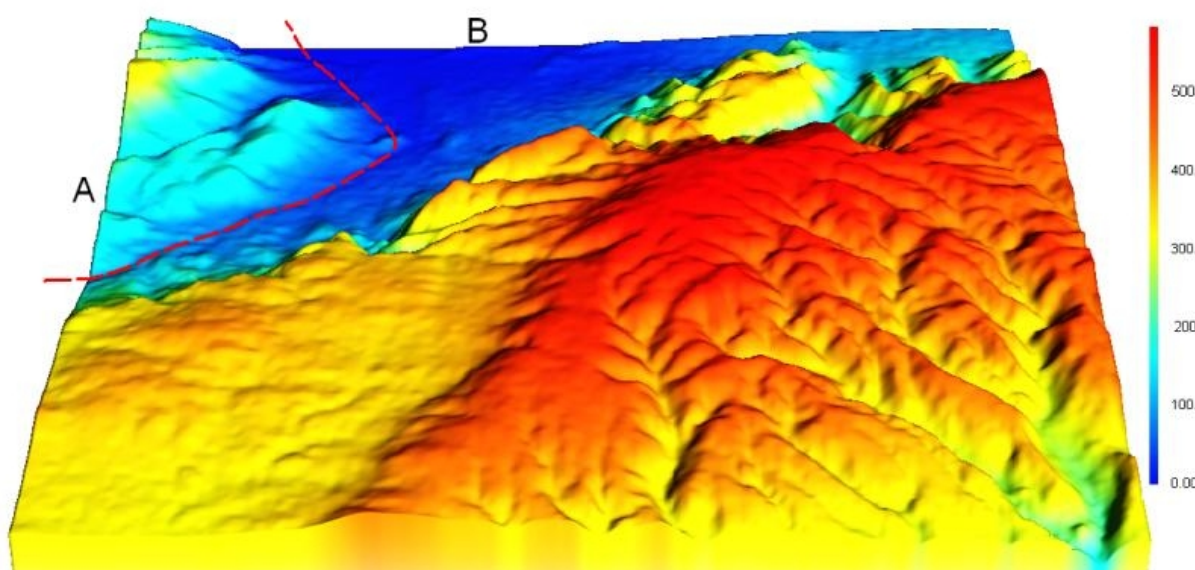


Fig. n° 36 : zone d'étude en trois dimensions 3D

VII.1.2.2.2 Situation dans le versant

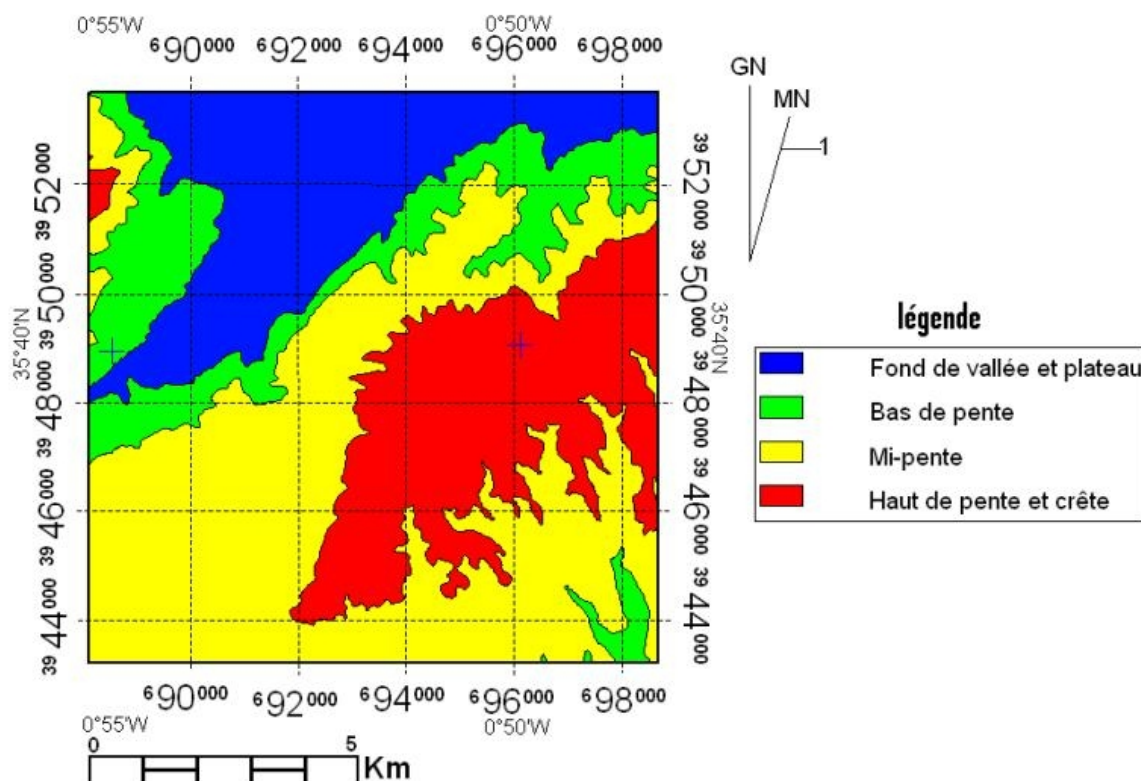
La situation dans le versant à un concept différent à l'hypsométrie, elle consiste à découper la zone d'étude en grands versants entourant les grands monts par l'augmentation des dimensions du pixel.

Notre zone d'étude montre deux points culminants, deux montagnes A et B dans la Fig. n° 36, présentation en 3D.

LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

La montagne A, varie entre l'altitude de 0 m à 350 m, sachant que le point culminant dépasse la zone d'étude.

La montagne B, varie entre l'altitude de 0 m à 582 m.



Carte n° 18 : carte de situation dans le versant

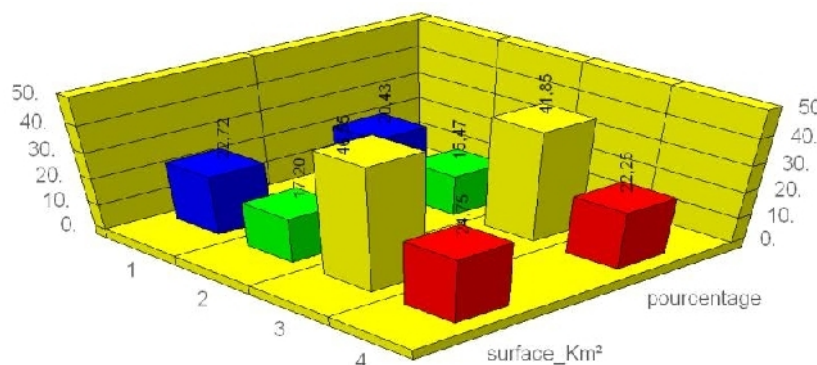


Fig. n° 37 : surfaces et pourcentages de la situation dans le versant

Tableau n° 17 : situation dans le versant

Paramètre	A	B
Fond de vallée et plateau	0 à 87,5m	0 à 145,5m
Bas de pente	87,5 à 175m	145,5 à 291m
Mi-pente	175 à 162,5m	291 à 436,5m
Haut de pente et crête	162,5 à 350m	436,5 à 582m

Pour superposer la carte de situation dans le versant avec les autres paramètres (pente, exposition) il fallait la codifier.

Fond de vallée et plateau : valeur du code 1

Bas de pente: valeur du code 2

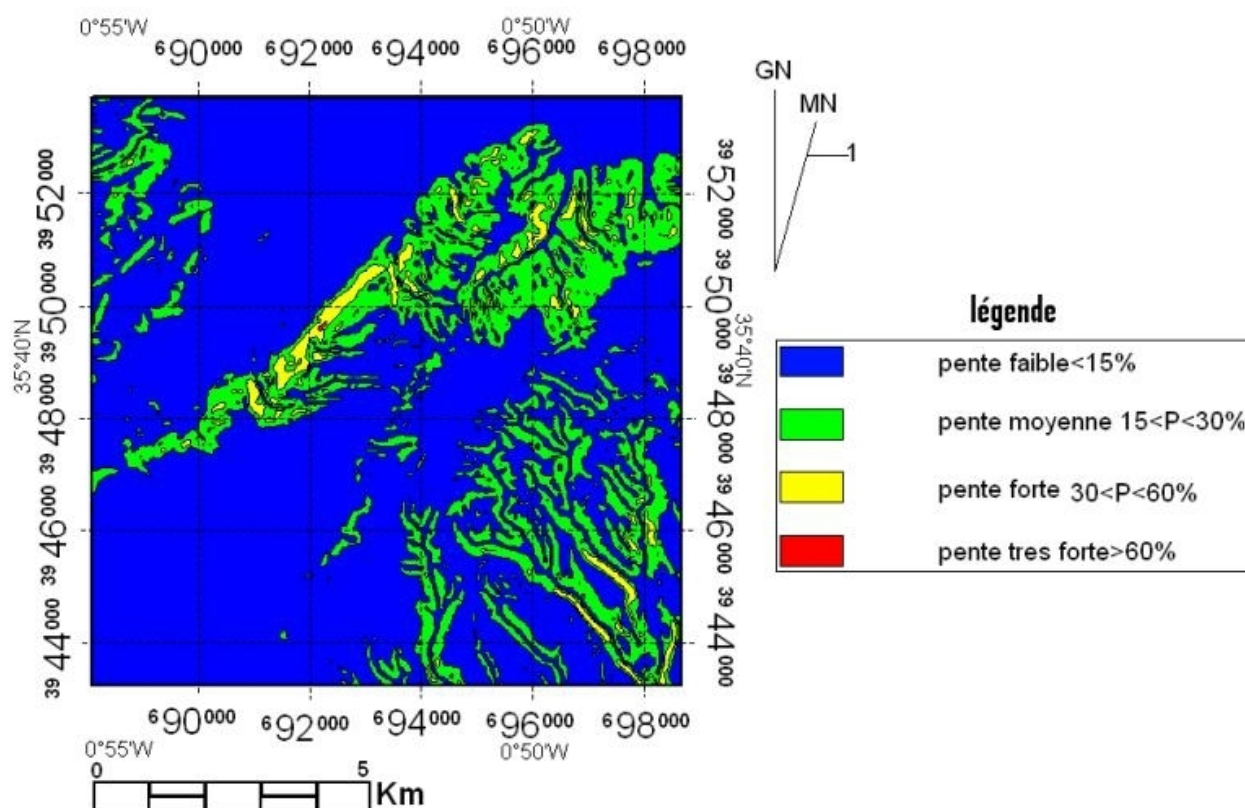
Mi-pente: valeur du code 3

Haut de pente et crête: valeur du code 4

VII.1.2.2.3 La pente (*p*)

La pente (*p*) est le facteur d'accélération du front de feu elle a les seuils suivants :

- $P < 15\%$: pente faible sans incidence sur la propagation=1 ;
- $15 < P < 30\%$: pente moyenne provoquant une accélération modérée du front de feu=2 ;
- $30 < P < 60\%$: pente forte avec accélération importante du front de feu =3;
- $P > 60\%$: pente très forte avec risque de turbulence, saute de feu, embrasement=4.



Carte n° 19 : carte des pentes

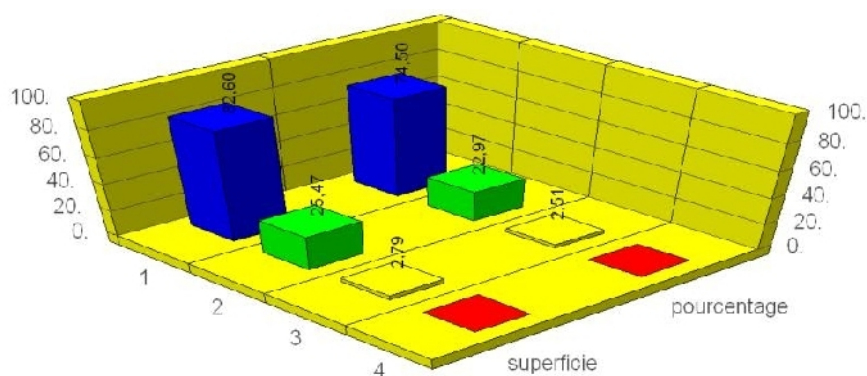
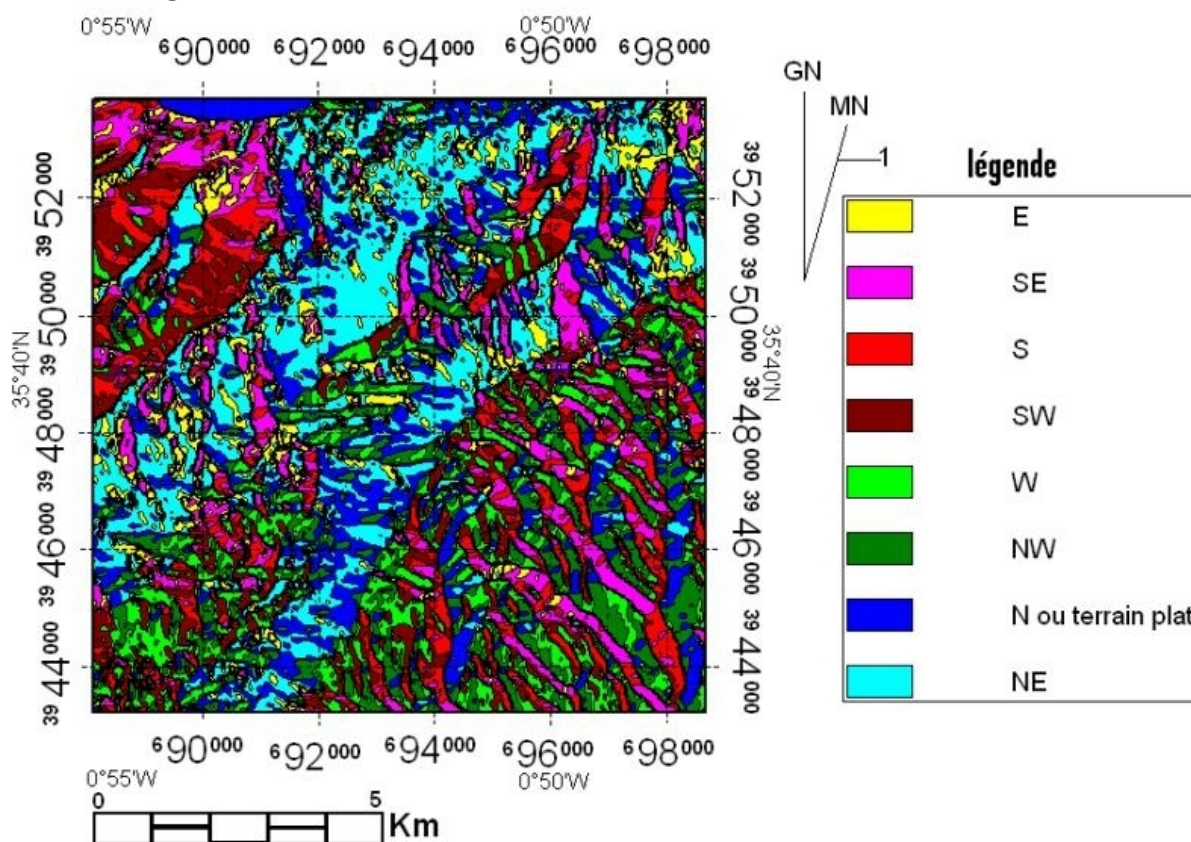


Fig. n° 38 : surfaces et pourcentages des pentes

VII.1.2.2.4 L'exposition au soleil

Traduit la situation du versant par rapport au vent dominant et à l'ensoleillement. En plus l'exposition nous renseigne sur la répartition possible des végétaux. Elle agit sur l'humidité des végétaux, leur inflammabilité et combustibilité d'une manière indirecte.

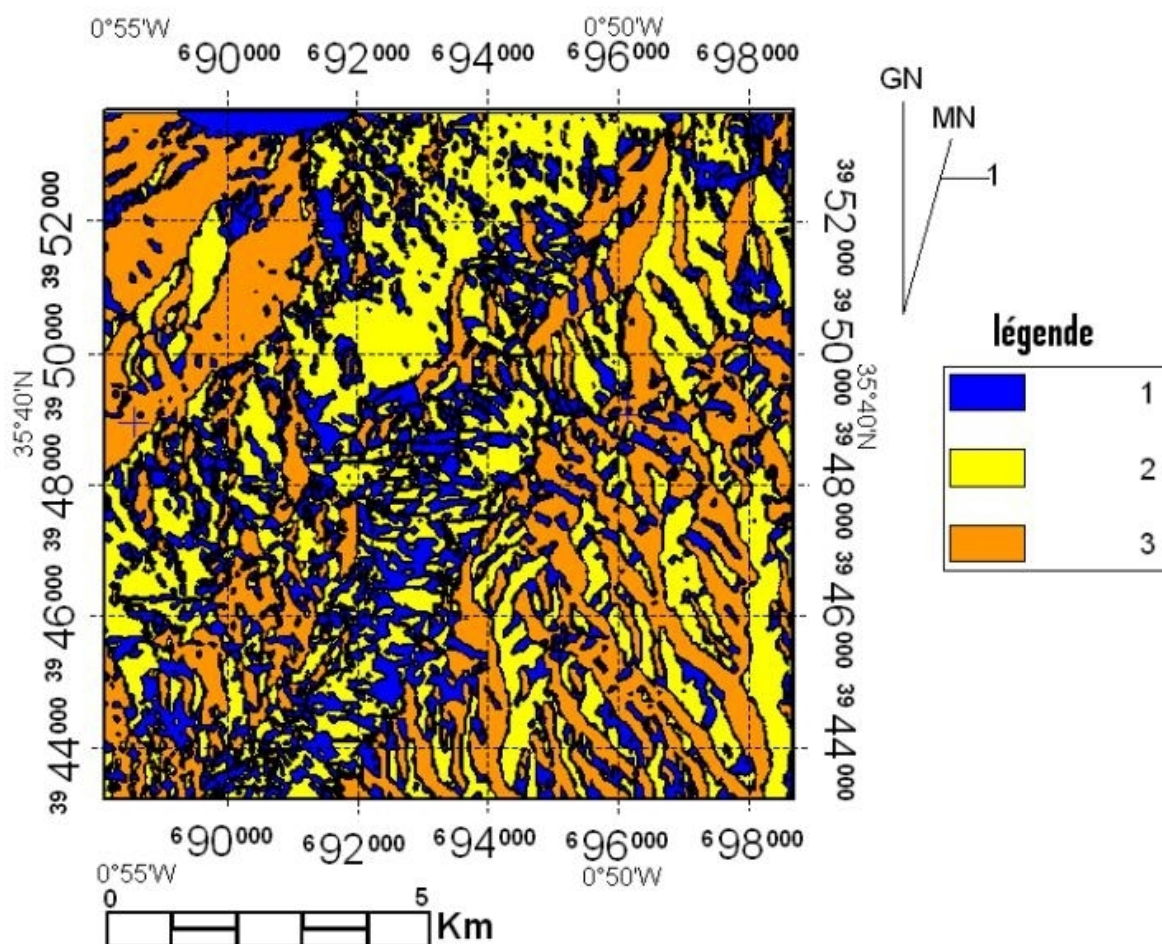


Carte n° 20 : carte d'exposition

L'étude de l'exposition de point de vue pyrologie nécessite de grouper les huit classes d'exposition en trois grandes classes codifiées.

- Classe présentant un risque fort qui regroupe les expositions Sud-Ouest / Sud / Sud-Est incluant les versants exposés au vent dominant et au siroco=3 ;

- Classe intermédiaire qui regroupe les expositions Nord-Ouest / Nord / Nord-Est pour les versants exposés au brise marine=2 ;
- Classe suscitant un risque faible qui regroupe les expositions Est / Ouest et les terrains plat=1.



Carte n 21 : carte du code d'exposition

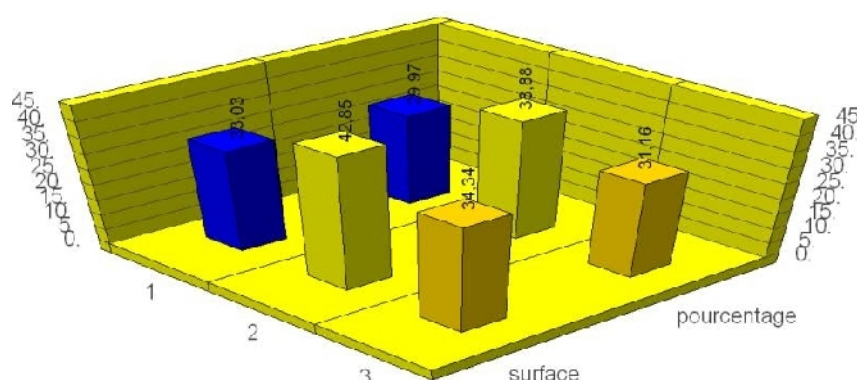
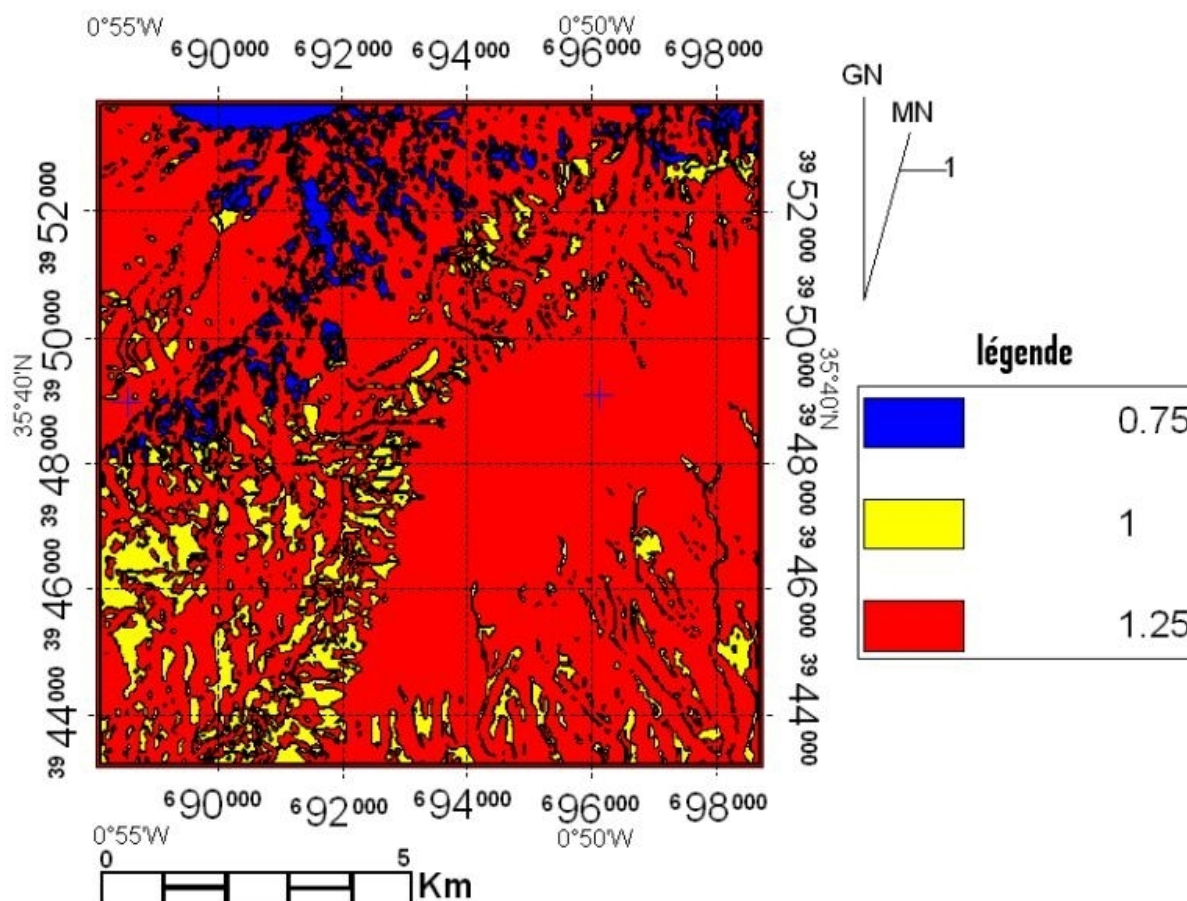


Fig. n° 39 : surfaces et pourcentages du code d'exposition

L'indice final obtenu par combinaison de ces trois critères (situation dans le versant, la pente, l'exposition) intervient dans les calculs comme un facteur, en fonction de la

situation topographique et de l'exposition rencontrée, aggravant plus ou moins la propagation et la puissance de l'incendie.

- IM le moins favorable au développement du feu, prend la valeur 0,75 en bas de versant exposition Est ou Ouest et pente <15% ;
- IM ayant peu d'incidence pour le développement du feu, prend la valeur 1 :
 - En mi-pente exposition Est ou Ouest et pente <30% ;
 - En mi-pente exposition Nord-Est / Nord / Nord-Ouest et pente <15% ;
 - En bas de la pente l'exposition Est / Ouest et pente <60%
- IM favorable au développement du feu, prend la valeur 1,25 dans toutes les autres situations.



Carte n° 22 : carte d'IM

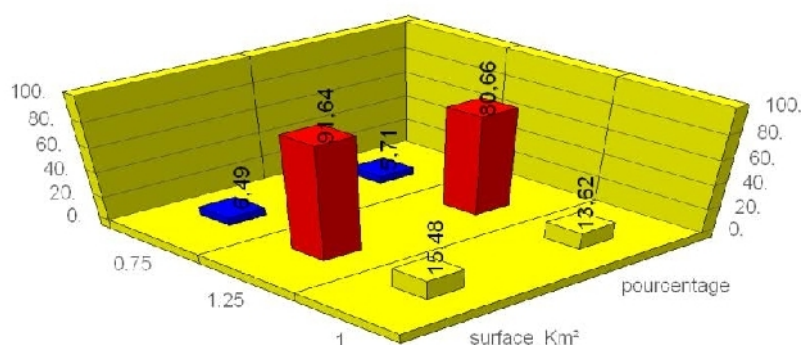


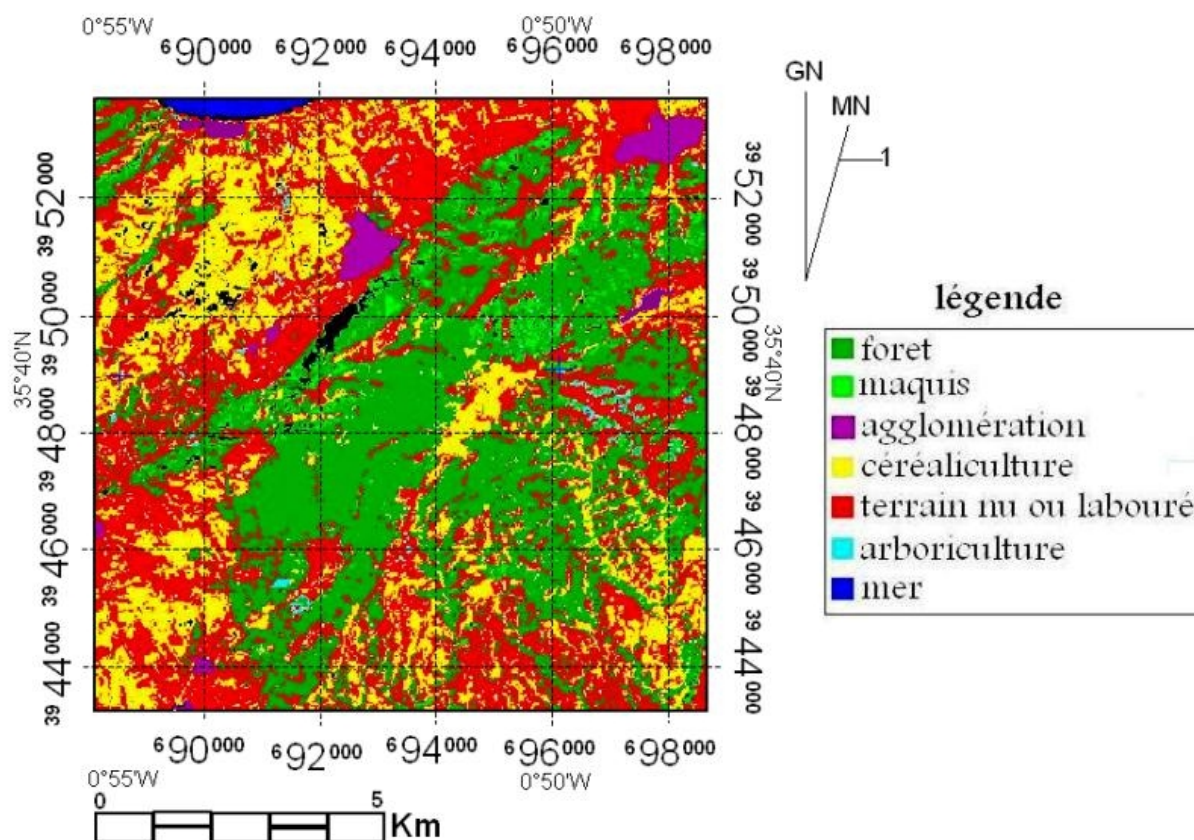
Fig. n° 40 : surfaces et pourcentages d'IM

Les conditions précédentes transformées de forme texte en signes mathématiques pour les introduire dans logiciel « vertical mapper » avec les trois couches d'information produites précédemment (pente, exposition et position dans le versant) donne la valeur de l'indice topo morphologique (IM), indique que 80,66% de la surface de la zone d'étude est propice de la propagation rapide des incendies, d'où une stratégie de prévention et d'intervention adéquates.

VII.1.2.3 L'indice de biomasse (BM)

Ce facteur intervient comme un coefficient permettant de traduire la biomasse des formations végétales rencontrées ainsi, pour une zone urbaine sans biomasse, le facteur prend la valeur zéro mettant le risque final à valeur nulle également.

Pour estimé la variation de l'indice de biomasse on utilise l'image satellitaire LANDSAT résolution 28,5×28,5m et on utilise la classification supervisé de la trichromie RVB, Rouge, Vert, Bleu, pour obtenir la carte d'occupation du sol à partir de logiciel ENVI 4.1.

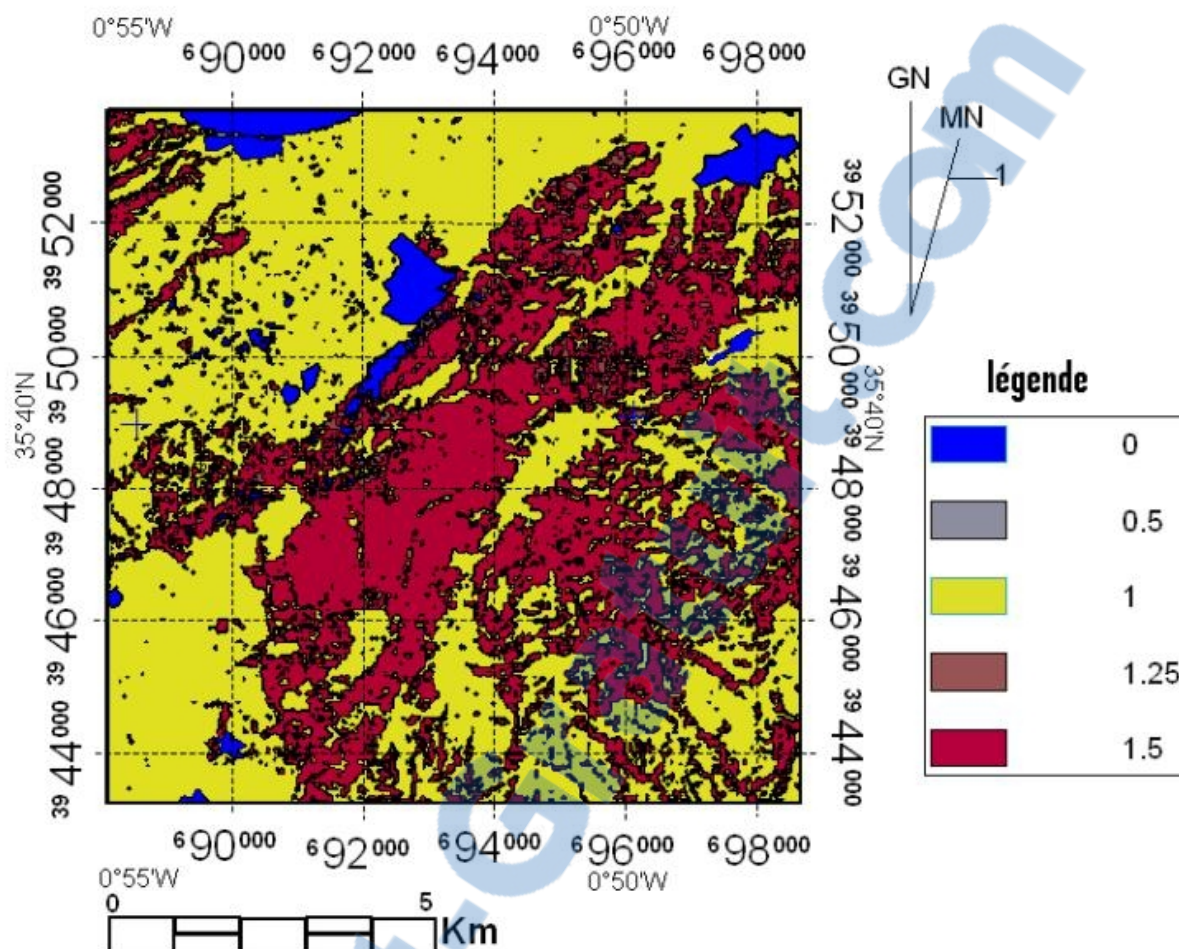


Carte n° 23 : carte d'occupation du sol

Cinq classes sont définies sur la zone d'étude pour un coefficient de biomasse qui varie entre 0 et 1,5.

- Mer et zone urbaine sans biomasse (0) ;
- Vigne ou arboriculture (0,5) ;
- Culture, céréaliculture et même un terrain labouré (1) ;
- Maquis et garrigues (1,25) ;
- Formation forestière (quelque soit l'âge) (1,5).

Alors par la vectorisation de la carte d'occupation du sol à partir de logiciel Map-info et la codification selon les cinq classes précédentes, on obtient la carte de variation de l'indice de biomasse (BM) avec la superficie de chaque occupation du sol (Carte n° 24 et Fig. n° 41).



Carte n° 24 : carte de BM

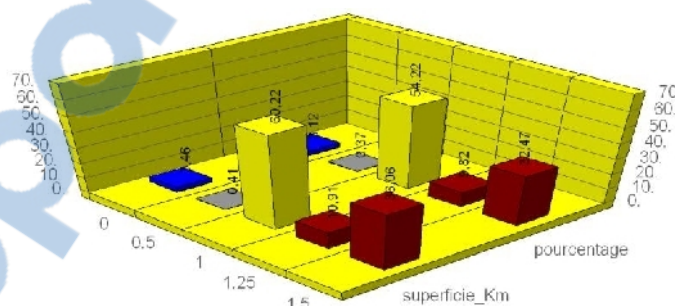


Fig. n° 41 : surfaces et pourcentages d'BM

VII.1.2.4 Détermination de l'indice d'aléa

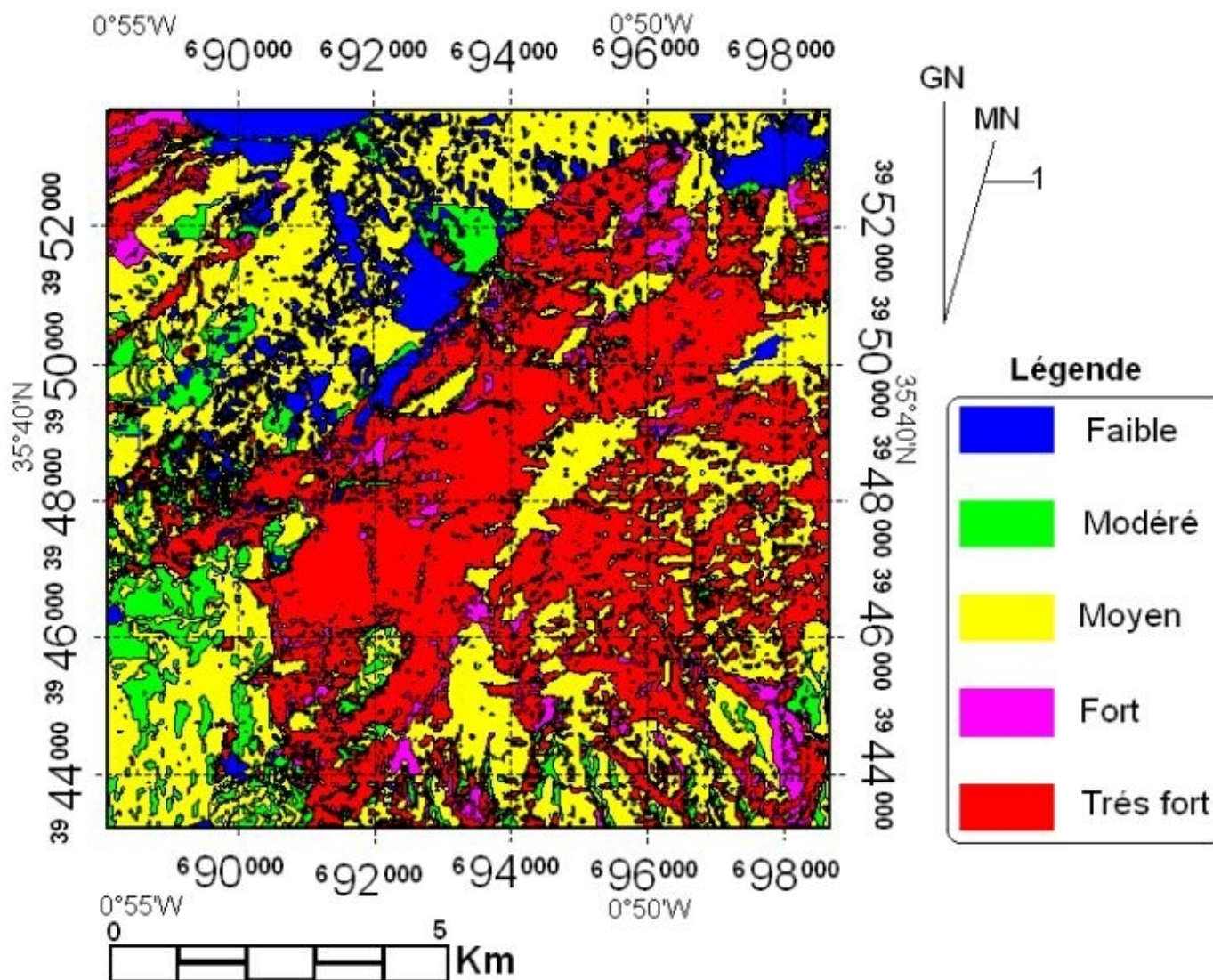
La couche d'information montrant la variation de l'indice d'aléa présente le résultat de la superposition de l'indice de combustibilité, de biomasse et de topo morphologie, par l'application de la formule : $Aléa = IC \times BM \times IM$.

La couche d'aléa supporte théoriquement des valeurs varie entre 0 et 210, alors le zonage se fait en cinq classes définies comme suit.

- Classe 01 : Faible $0 \leq Aléa < 40$;
- Classe 02 : Modéré $40 \leq Aléa < 50$;

- Classe 03 : Moyen $50 \leq \text{Aléa} < 60$;
- Classe 04 : Fort $60 \leq \text{Aléa} < 70$;
- Classe 05 : Très fort $70 \leq \text{Aléa} < 210$.

Deux classes d'Aléas dominent notre zone d'étude, c'est celle d'aléa Moyen en jaune (41,75 Km²) et d'aléa Très fort en rouge (39,69 Km²). D'une manière générale les zones jaunes présentent la céréaliculture et les zones en rouge où l'aléa est Très fort sur la forêt de M'sila comme montre la carte d'aléa (carte n° 25 et figure n° 42).



Carte n° 25 : carte d'aléa

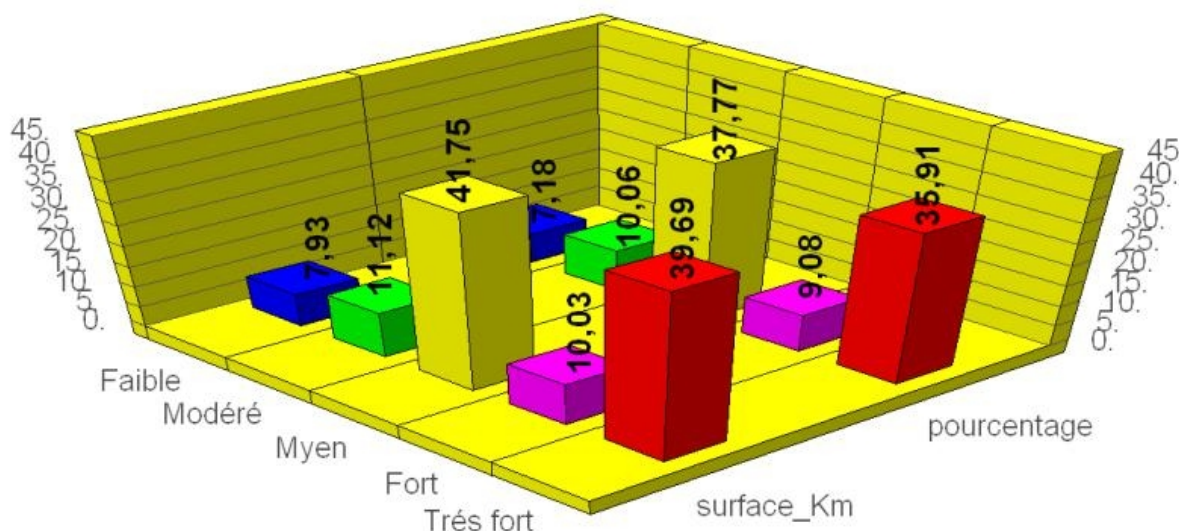


Fig. n° 42 : surfaces et pourcentages d'aléa

VII.1.2.5 Proposition d'un règlement

En se référant au guide méthodologique (2002) (*Guide Méthodologique des PPRif version 1*) nous avons proposé un règlement spécifique à la forêt de M'sila, précise des prescriptions qu'on y besoin :

- Les mesures d'interdiction et les prescriptions applicables dans chacune des zones précédentes ;
- Les mesures de prévention, de protection et de sauvegarde incombant aux collectivités publiques et aux particuliers.

Les principales dispositions sont les suivantes :

VII.1.2.5.1. En zone d'aléa fort et très fort (zone en couleur rouge et magenta)

La règle générale est l'interdiction de réaliser des équipements et des bâtiments de nature d'aggraver les risques et/ou d'augmenter le nombre de personnes exposées. Cependant, peuvent être admis avec condition de ne pas aggraver les risques sous leurs effets:

- Les travaux d'aménagements et les ouvrages destinés à protéger la forêt ou les constructions existantes ;
- Les locaux techniques permettant d'assurer la gestion d'équipement de lutte contre les incendies de forêts ;
- Les locaux techniques nécessaires à la gestion agricole (y compris sylvicole) ;
- Les infrastructures publiques (réseaux routiers de transport et de distribution téléphonique ou électrique, les voies ferrées),
- L'analyse des infrastructures publiques, devra également être examiné sous l'angle de la sécurité, en effet, ces équipements publics peuvent non seulement être endommagés par un incendie mais aussi, pour certain, être à l'origine de départ de feu.

VII.1.2.5.2 Zone d'aléa moyen en couleur jaune

Interdictions contre :

- Les installations présentant un risque majeur pour l'environnement en cas d'incendie ;
- La création ou l'extension de terrain de camping, de caravanning ou d'habitations légère de loisirs.
- Les établissements accueillant des personnes de mobilité réduite, notamment des hôpitaux, cliniques, maisons de retraites, colonies et les parcs d'attraction ;
- Les bâtiments isolés (sont considéré comme bâtiments isolés à plus de 50 mètres de deux autres bâtiments à usage d'habitation ou activités) ;
- L'installation aérienne de service d'hydrocarbures liquéfiés, ainsi que le passage à l'air libre des canalisations alimentant les habitations.

Autorisations avec prescriptions :

Les réaménagements internes des terrains de camping, de caravanning ou d'habitations légère de loisir existant sont envisagé dans la mesure où il n'y a pas d'augmentation de la capacité d'accueil ni d'augmentation de l'exposition au risque feu de forêt.

VII.1.2.5.3 Zone d'aléa modéré en couleur vert

Interdictions contre :

Tous travaux, ouvrages, aménagements ou constructions à l'exception de ceux mentionnés au suivant.

Autorisations avec prescriptions :

- Les travaux d'entretien et de gestion courants ainsi que les travaux de mise en normes de confort des habitations implantées antérieurement à l'approbation du plan d'aménagement ;
- La réparations / reconstruction des bâtiments endommagés ou détruits par un sinistre autre qu'un feu de forêt, à condition de ne pas aggraver les risques et de ne pas augmenter le nombre de personnes exposées ;
- Les aménagements, travaux et ouvrages destinés à protéger la forêt ;
- Les travaux courants de gestion forestière, dans la mesure où ceux-ci ne génèrent pas un risque supplémentaire vis-à-vis de feu de forêt ;
- Les locaux techniques nécessaires à la gestion des exploitations agricoles existantes ou à l'installation de nouvelles concourants au développement de coupure de combustible validées par les autorités compétentes, sans occupation humaine permanente et à condition de ne pas aggraver les risques et leurs effets. Ces locaux devront être positionnés dans un secteur aménagé de telle façon qu'il soit peu exposé à l'aléa ;
- Les locaux techniques permettant la gestion des équipements de prévention et de lutte contre les risques d'incendies de forêt ;

- Les infrastructures de transport, les installations techniques de service public, à condition de ne pas aggraver les risques et leurs effets.

VII.1.2.5.4 Zone d'aléa faible en couleur bleu

La constructibilité est la règle générale, les constructions et les aménagements seront limités ou conditionnés au respect de certaines prescriptions. Elles sont destinées à limiter les départs de feu.

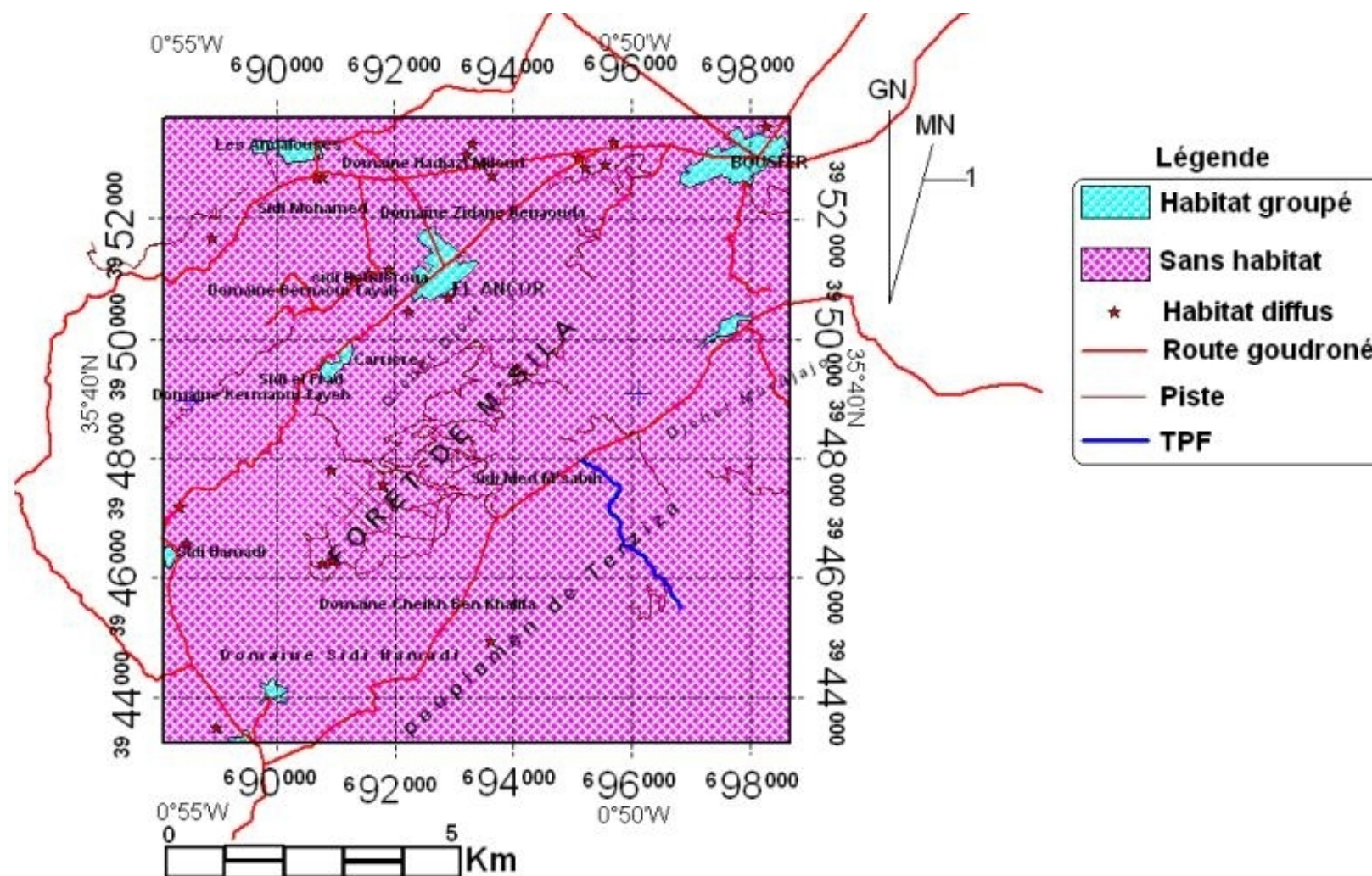
Pour notre zone d'étude les deux facteurs qui réduisent la valeur de l'aléa sont l'indice de biomasse (BM) et l'indice de combustibilité (IC), puisque notre région n'a pas une topographie plate, le combustible est probable dans toute la zone d'étude à l'exception des agglomérations et autres petites régions, alors la constructibilité et l'extension de ces agglomérations doit être dirigée de telle façon à éviter les zones de fortes et très fortes aléa.

VII.1.3 Les enjeux

Les enjeux correspondent à l'état du bâti actuel, c'est-à-dire aux constructions ou les installations susceptibles d'accueillir, même temporairement, des personnes, sont ainsi répertoriés comme des enjeux, les installations pouvant recevoir du public comme les campings, les zones d'accueil du public, les lieux à forte fréquentation, les infrastructures de communication et les tours de guet.

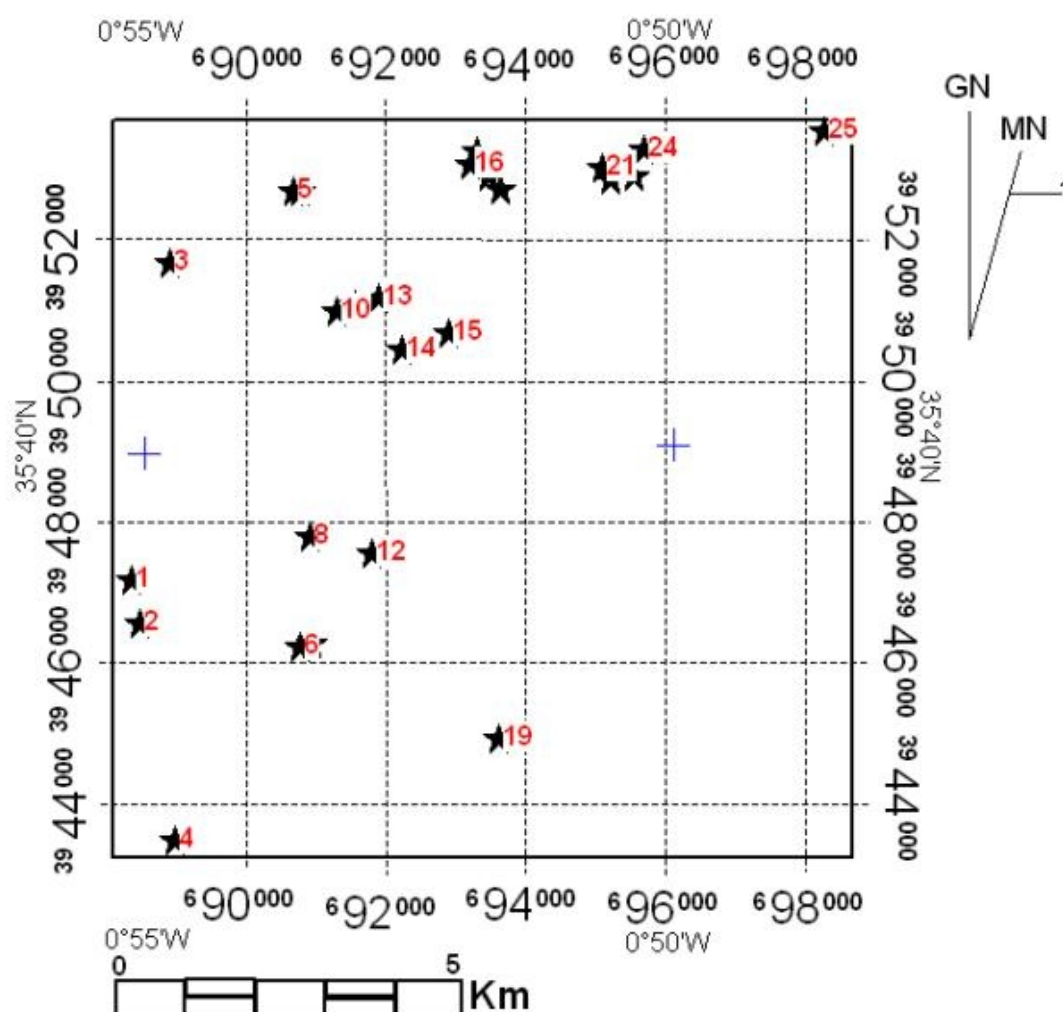
L'habitat est défini comme groupé s'il y a au minimum trois habitations pour deux hectares et si la distance maximale entre deux habitats est inférieure à 50 mètres (cette distance traduit les obligations du propriétaire, en matière de débroussaillage), l'agglomération est qualifiée comme groupée.

Dans notre zone d'étude les habitats groupés sont des petits villages représentés en polygones bleu clair dans la carte n° 26 des enjeux et dans cette même carte les habitats diffus sont représentés par des points rouges, puisqu'ils sont de superficies négligeables ; une à trois maisons bien séparées ou des fermes.



Carte n° 26 : carte des enjeux

Situation des habitats diffus au Aléas :



Carte n° 27 : carte de situation des habitats diffus

Les situations géographiques des habitats diffus sont circonscrites à partir de l'image dans Google Earth, les coordonnées de ces habitats sont injectées dans la carte d'état-major calée (1/50 000). Ces habitats sont aussi superposés avec la carte des aléas pour apercevoir le zonage et apprécier le risque de feu de forêt. Le tableau n° 18 présente les habitats diffus « 6, 9, 12 » à potentiel risque de feu très fort pour le massif forestier de M'sila. Ces habitats sont situés dans une zone où le réseau de desserte est dense qu'on ne peut pas le confondre à une T.P.F ou à une coupure de combustible.

Tableau n° 18 : détermination du risque des habitats diffus

Numéro d'abritât diffus	Localisation géographique		Nom de lieu	Zone d'Aléa	Risque	Commentaire
	X (m)	Y (m)				
1	688 398,00	3 947 217,00	O ^{ed} Bou Meia	vert	Modéré	//
2	688 517,00	3 946 606,00	Mont de Guedara, lieu de Bechedia	vert	Modéré	//
3	688 934,00	3 951 752,00	Nord d'Ançor	Jaune	Moyen	//
4	689 016,00	3 943 491,00	Nord de Bougoug	Jaune et vert	Modéré et moyen	//
5 7	690 705,00 690 799,00	3 952 768,00 3 952 774,00	Prés des Andalouses	Jaune	Moyen	//
6 9	690 797,00 690 963,00	3 946 272,00 3 946 318,00	Mont de Guedara, lieu de Bechedia	Magenta et rouge	Fort et très fort	Risque pour toute la forêt de M'sila
8	690 939,00	3 947 844,00	Sud de O S Hammadi	Jaune et vert	Modéré et moyen	//
10 11 13 14	691 321,00 691 579,00 691 925,00 692 257,00	3 951 051,00 3 951 140,00 3 951 229,00 3 950 506,00	West d'Ançor	Jaune	Moyen	//
12	691 816,00	3 947 591,00	Est de O S Hammadi	Magenta et rouge	Fort et très fort	Risque pour toute la forêt de M'sila
15	692 916,00	3 950 741,00	Sud d'Ançor	Bleu	Faible	//
16 17 18 20	693 221,00 693 329,00 693 485,00 693 647,00	3 953 150,00 3 953 328,00 3 952 991,00 3 952 797,00	Est des andalouses	Bleu et jaune	Entre faible et moyen	//
21 24	695 110,00 695 690,00	3 953 092,00 3 953 361,00	Ouest de Bousfer	Jaune	Moyen	//
22 23	695 216,00 695 562,00	3 952 941,00 3 952 974,00	Ouest de Bousfer	Jaune et rouge	Entre moyen et très fort	//
19	693 635,00	3 944 962,00	El Haoussine	Jaune	Moyen	//
25	698 275,00	3 953 626,00	Nord de Bousfer	Bleu	Faible	//

VII.2 Propositions spécifiques à la zone d'étude

VII.2.1 habitats groupés et propositions de T.P.F

Dans notre zone d'étude, et tenant compte de la bande à débroussailler (Fig. n° 43), deux localités présentent et selon la carte des aléas un risque d'incendie très élevé, ce sont l'agglomération de BOUSFER et le village de KAROUBA.

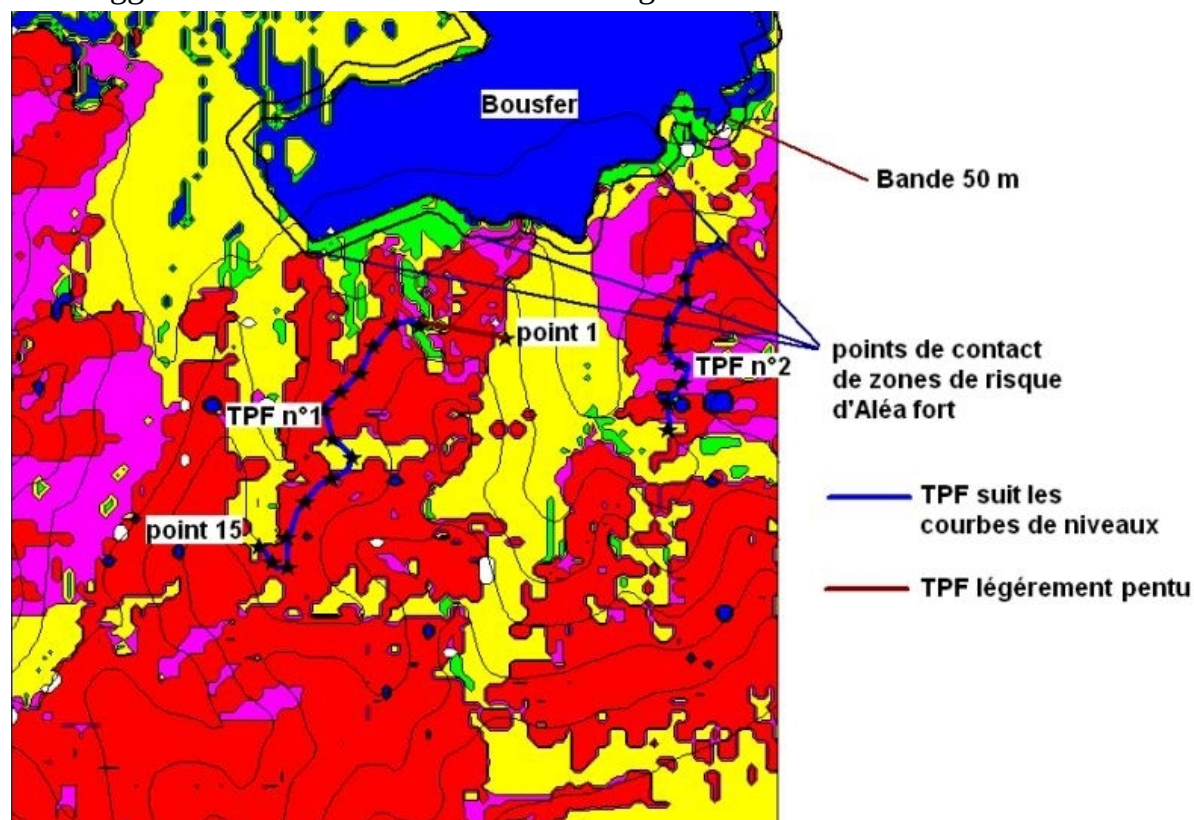


Fig. n° 43 : TPF proposée pour le village Bousfer

Tableau n° 19 : coordonné de TPF₁

N°	X (m)	Y (m)
1	697 771,46	3 952 271,43
2	697 487,90	3 952 310,10
3	697 406,28	3 952 314,39
4	697 337,53	3 952 245,65
5	697 294,57	3 952 155,43
6	697 230,12	3 952 095,28
7	697 178,57	3 952 035,13
8	697 204,35	3 951 940,61
9	697 268,80	3 951 880,47
10	697 200,05	3 951 811,72
11	697 114,13	3 951 734,40
12	697 053,98	3 951 618,39
13	697 058,27	3 951 519,58
14	697 006,72	3 951 536,77
15	696 963,76	3 951 588,32

Tableau n° 20 : coordonné de TPF₂

N°	X (m)	Y (m)
1	698 463,17	3 952 564,73
2	698 383,14	3 952 527,38
3	698 372,47	3 952 468,70
4	698 340,46	3 952 404,68
5	698 308,45	3 952 335,31
6	698 292,44	3 952 265,96
7	698 340,46	3 952 191,26
8	698 351,13	3 952 143,25
9	698 308,45	3 952 052,55
10	698 308,45	3 951 988,52

Dans le Sud de l'agglomération de Bousfer (Fig. n° 43), plusieurs points s'interpénètrent avec la zone rouge ; à cet effet, on propose la réalisation de coupures de combustibles pour stopper la propagation des incendies en cas d'éclosion.

- TPF n°1 : d'une longueur de 1500 m, selon les coordonnées du tableau 19 dont 20 % de cette longueur est pentue ;
- TPF n°2 : d'une longueur de 740 m, en fonction des coordonnées du tableau 20, la totalité de cette TPF suit les courbes de niveaux.

Pour le village de KAROUBA, les points de contact avec la zone rouge sont situés dans la partie Nord-est et Est, ce qui nécessite une Tranchée Pare Feux (TPF) plus ou moins éloignée du village pour absorber le maximum des cas d'éclosions en provenance de cette localité. La figure 44 illustre le TPF n°3 ; d'une longueur de 1300 m.

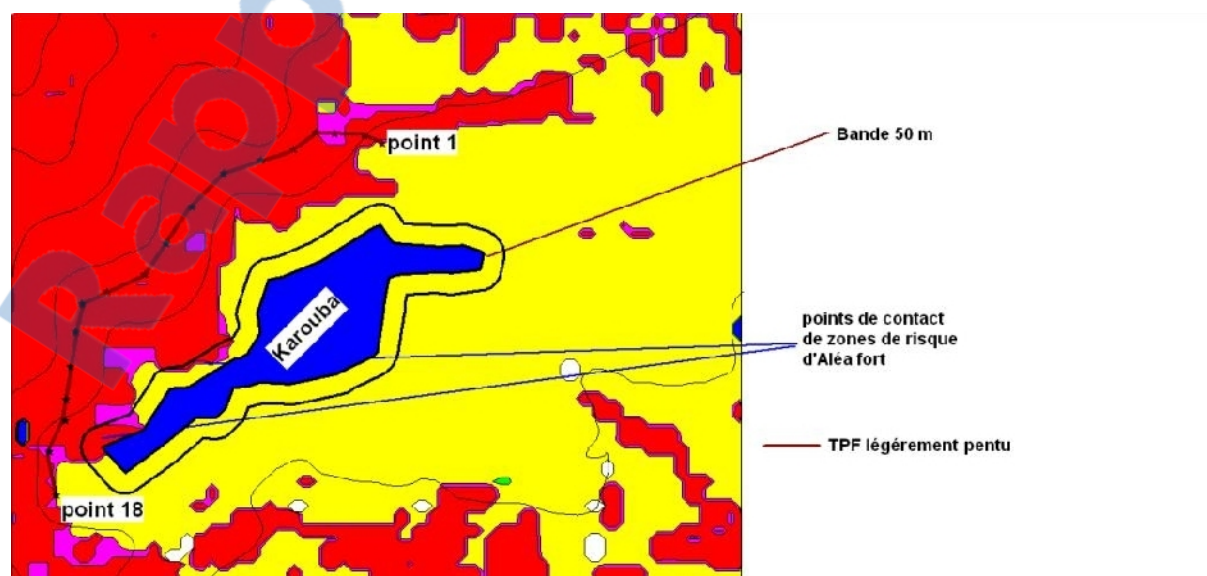


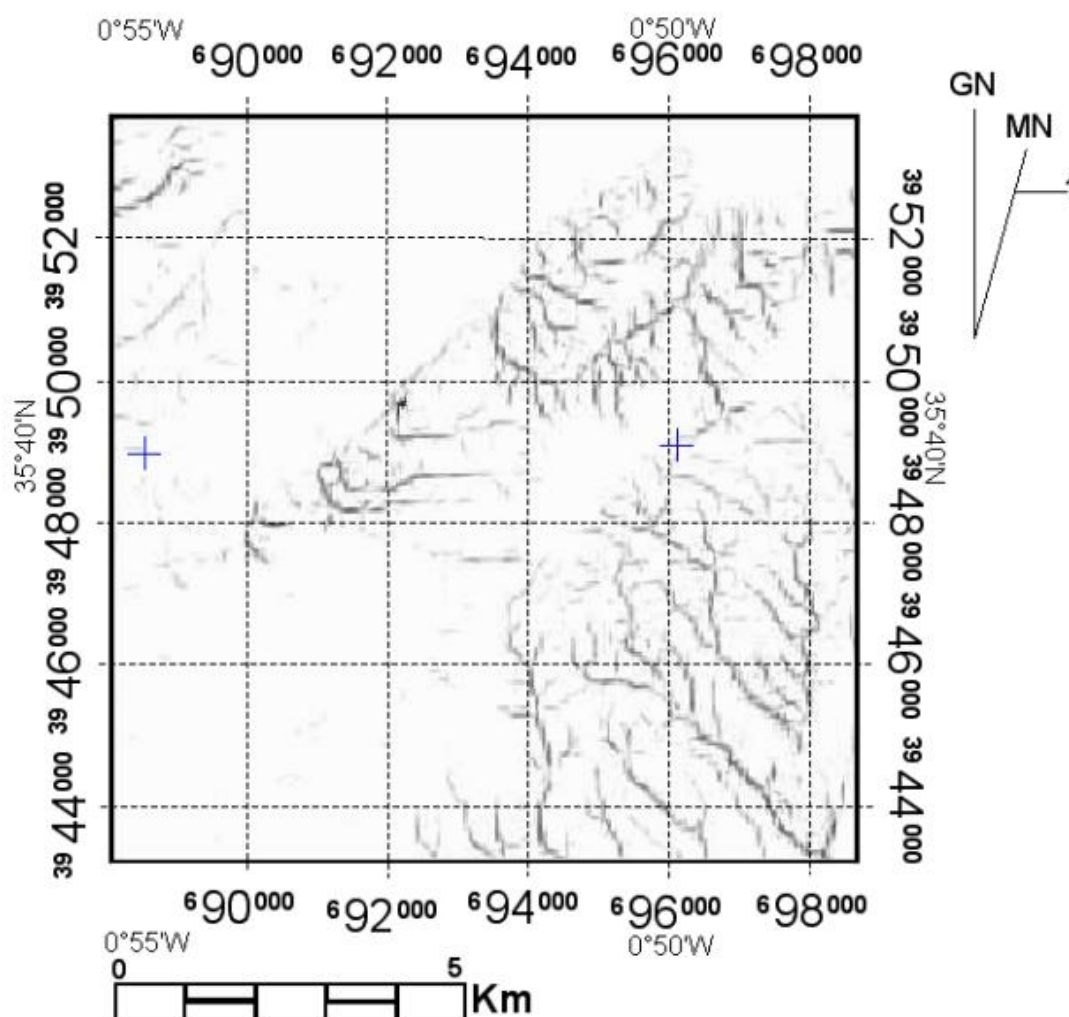
Fig. n° 44 : TPF proposée pour le village KAROUBA

Tableau n° 21 : coordonné d TPF₃

N°	X (m)	Y (m)
1	697 792,94	3 950 679,65
2	697 749,98	3 950 698,98
3	697 676,94	3 950 703,28
4	697 631,83	3 950 705,43
5	697 578,12	3 950 664,61
6	697 498,64	3 950 638,83
7	697 408,42	3 950 606,61
8	697 331,09	3 950 524,98
9	697 268,79	3 950 436,90
10	697 217,24	3 950 361,72
11	697 124,87	3 950 318,75
12	697 064,72	3 950 290,83
13	697 049,68	3 950 222,08
14	697 036,79	3 950 138,31
15	697 026,05	3 950 058,83
16	697 023,90	3 950 007,27
17	696 985,24	3 949 932,08
18	697 002,42	3 949 826,82

VII.2.2 Proposition de points d'eau

Comme l'eau est nécessaire à l'extinction, sa localisation nécessite la présentation du réseau hydrographique à partir du MNT par logiciel **ENVI**. Les points d'eau au sein du massif forestier ou à proximité doivent être facilement accessible aux moyens d'intervention.



Carte n° 28 : carte de réseau hydrographique en mode raster

La carte du réseau hydrographique montre une densité faible par rapport au rôle de la mobilisation de l'eau dans la protection. Ceci nécessite une approche traditionnelle de rétention.

Opérateur de Laplace :

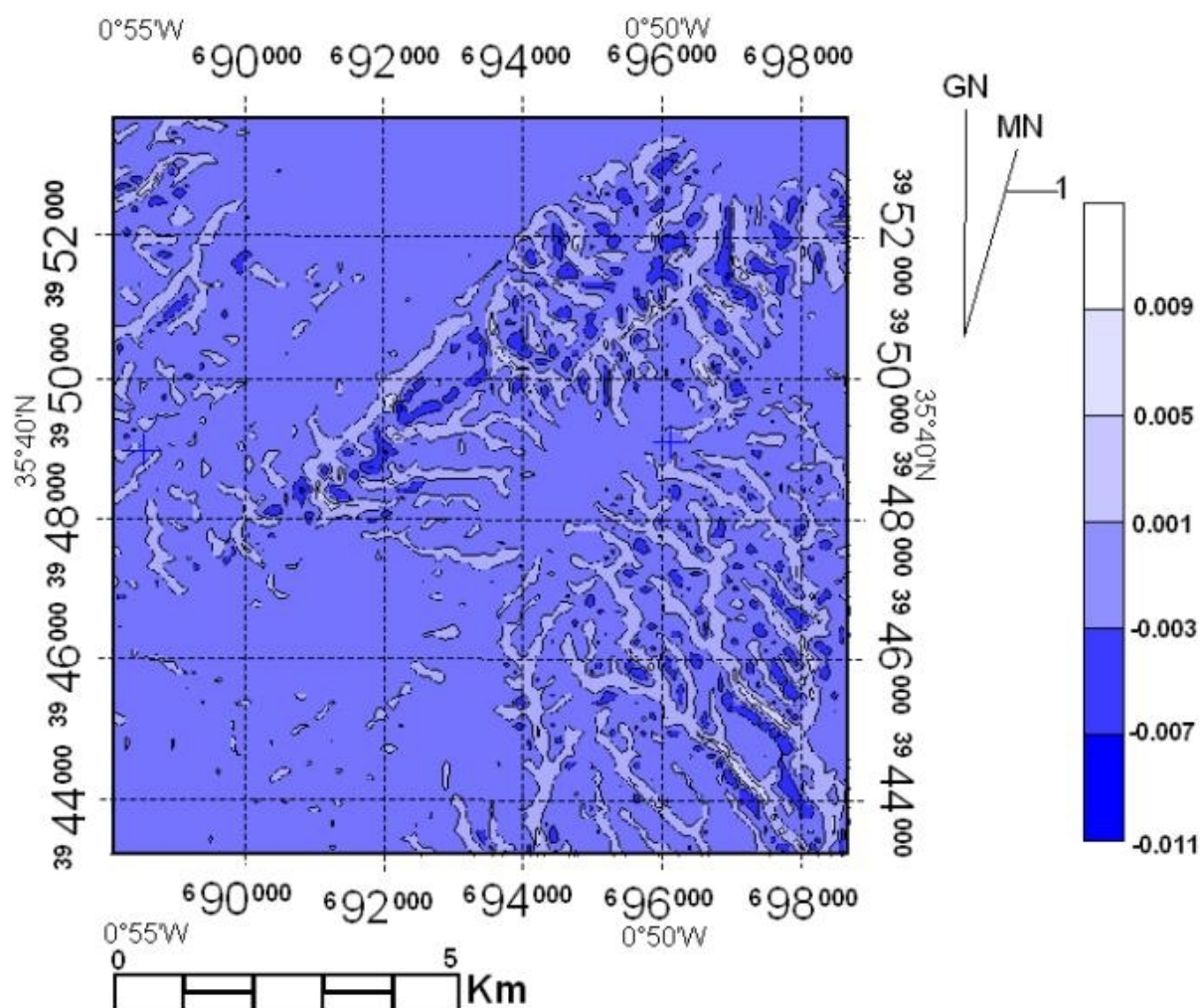
Sont les dérivées secondes partielles de la fonction f par rapport à x , y et z . En mécanique des fluides, l'équation de Laplace constitue notamment une des équations fondamentales de la théorie des écoulements potentiels en MDF.

$$\frac{\Delta^2 f}{\Delta x^2} + \frac{\Delta^2 f}{\Delta y^2} + \frac{\Delta^2 f}{\Delta z^2} \dots \dots \dots \text{IV}$$

A partir de la représentation tridimensionnelle de la zone d'étude on peut obtenir un zonage de l'opérateur laplacien a des valeurs positives et négatives, les valeurs négatives désigne les zones de décharges c'est-à-dire dans notre cas les zones qui ne captes pas l'eau pluviale et le laisser ruisselée théoriquement, les valeurs positives indiquent les zones qui peuvent encaisser l'eau et qui peuvent être aussi des futures points d'eau.

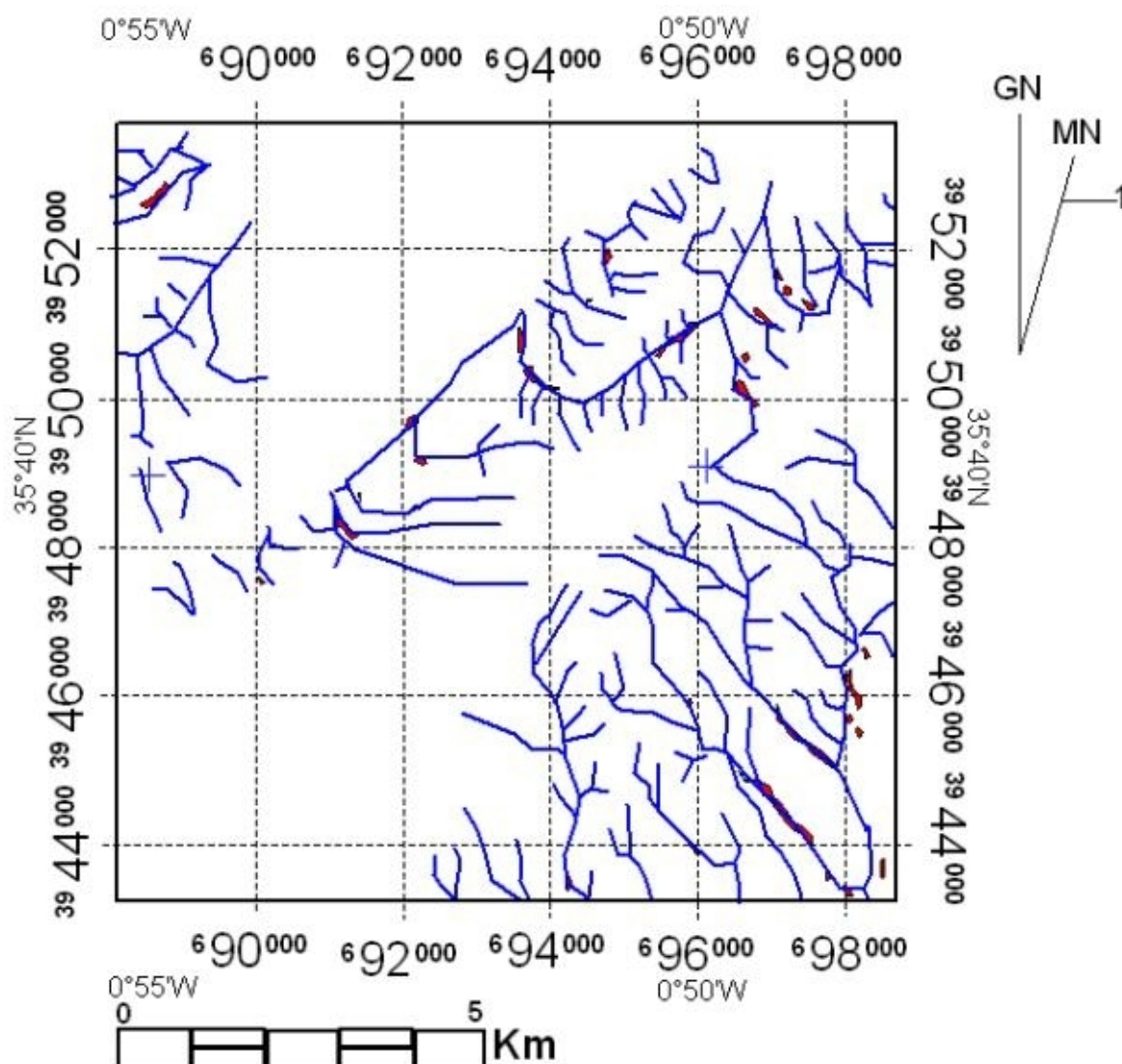
Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES





Carte n° 29 : carte de l'indice de Laplace

Les points d'eau évalués par l'opérateur de Laplace, sont des zones où l'eau ralenti ou stoppe le ruissellement, alors la fonction mathématique f présente la cinétique des particules d'eau ruissellent en surface désignée par X, Y (prenant en considération la gravité terrestre Z) en fonction du temps, sachant que la dérivée partielle de cette fonction, nous à donne la vitesse de ruissellement, d'autre façon ces points d'eau ou zones de recharge, présentent des zones où la vitesse d'eau est minimisée ou égale à zéro.



Carte n° 30 : carte de réseau hydrographique en mode vecteur

La superposition de la couche d'information présentant les zones très rechargeables par l'opérateur de Laplace avec le réseau hydrographique en mode vecteur, nous facilite la distinction entre les zones où l'eau se ralentie et les zones où l'eau stagne.

VII.2.2.1 Zones où l'eau ralentie

Ce sont des zones de recharge situées à l'amont ou à mi-pente d'un bassin versant ou du réseau hydrographique, alors le ralentissement permet à l'eau de s'infiltrer où des aménagements spécifiques peuvent être réalisés, à savoir les fouilles en puits et les ouvrages traditionnels.

VII.2.2.1.1 La fouille des puits

La fouille des puits équipés par des pompes à forte capacité, exploitable par des agriculteurs voisins de la forêt et ces derniers en même temps assurent la surveillance de ces équipements, ce d'une part, et d'autre part ces puits sont utilisables en lutte contre les incendies.

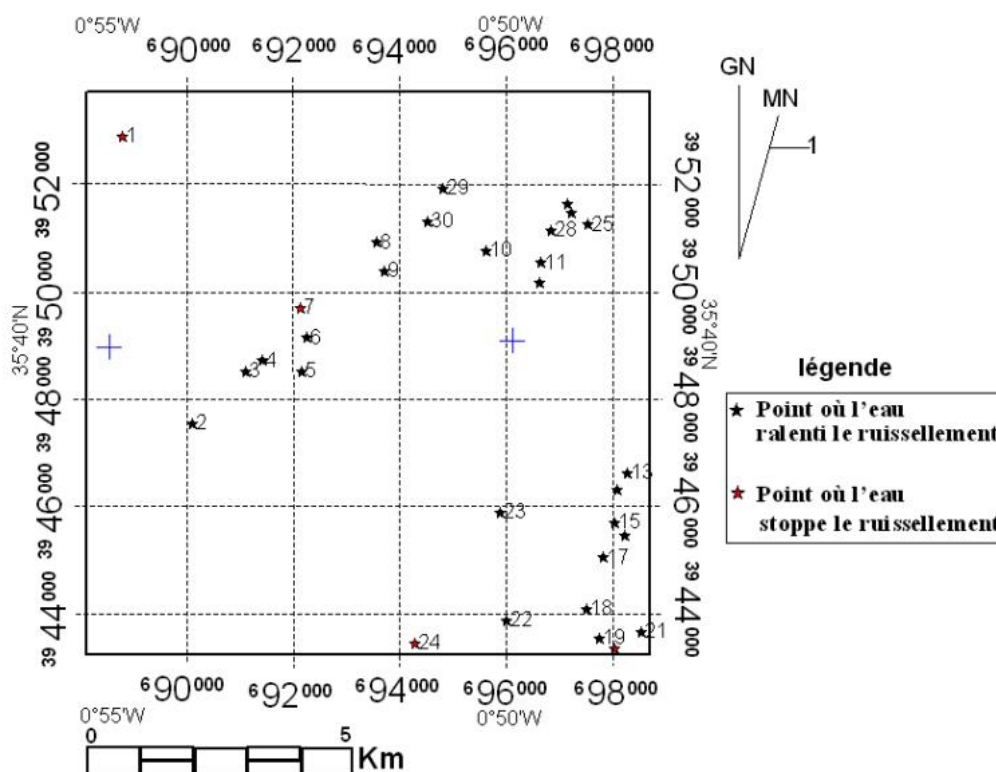
VII.2.2.1.2 Ouvrages traditionnels

- **Sed** : ouvrage de stockage d'eau à l'amont d'une diguette réalisée généralement en terre transversalement à un cours d'eau temporaire avec un espace de déversoir latéral, d'une capacité de quelques milliers de m³, il est généralement réparé ou entièrement refait après chaque crue importante par la Touiza (chantier de volontaires) ;
- **Jboub** : ouvrage de stockage d'eau de petite capacité, réalisés au niveau de certaines ravines, ils servent surtout à l'abreuvement du cheptel.

Remarque : les ouvrages traditionnels, peuvent s'intégrer dans un cadre de développement durable.

VII.2.2.2 Zone où l'eau est plus ou moins stagnante

Ce sont des zones situées à l'aval ou exutoire d'un réseau hydrographique, alors l'aménagement là soit des barrages à digue ou confection des retenues collinaires.



Carte n° 31 : carte des points d'eau proposés

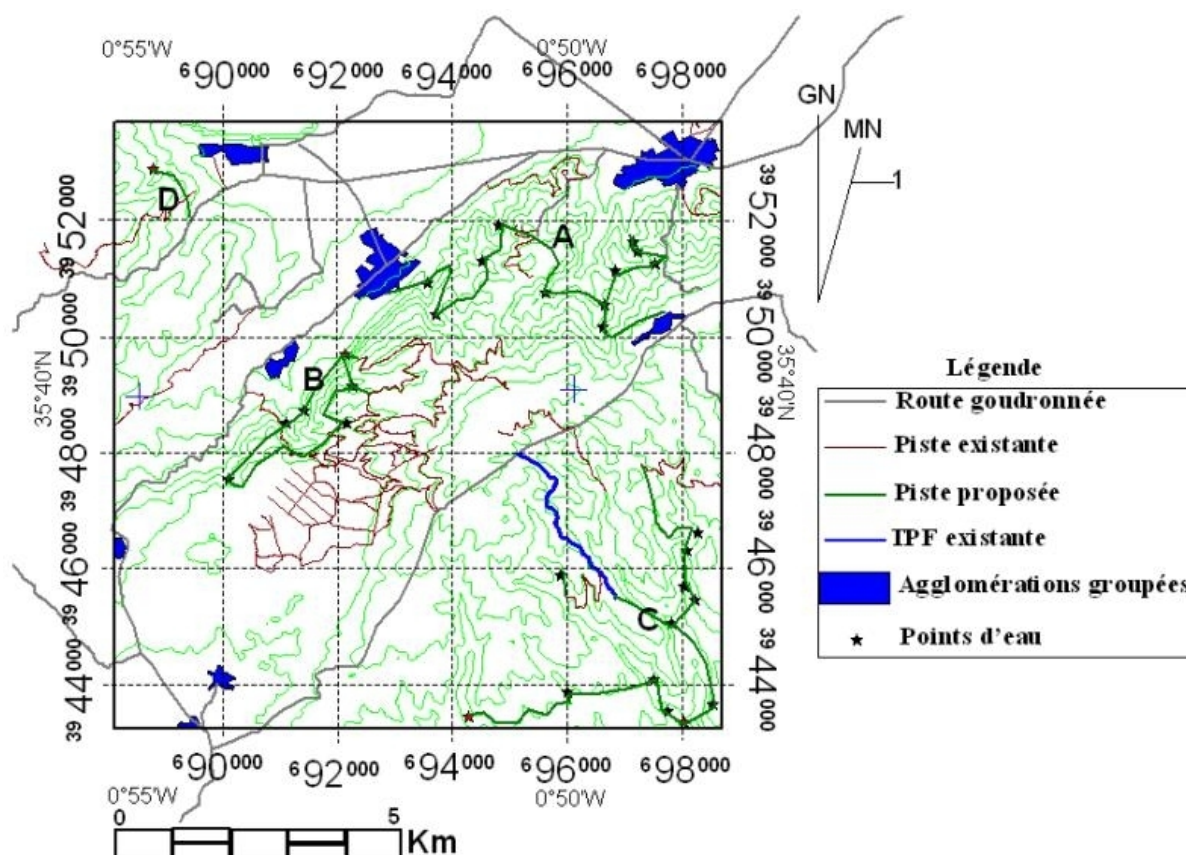
Tableau n° 22 : Situation des points d'eau

Points d'eau	Coordonnées en mètre		Nom de lieu	Type
	X	Y		
1	688 800,52	3 952 962,38	Ouest des Andalouses	Points où l'eau ralentie le ruissellement
7	692 139,71	3 949 749,46	Dans le domaine de M'sila	Points où l'eau ralentie le ruissellement
2	690 119,34	3 947 574,78		Points où l'eau presque stoppe le ruissellement
3	691 101,46	3 948 556,89		
4	691 410,12	3 948 753,32		
5	692 167,74	3 948 556,89		
6	692 251,95	3 949 188,25		
8	693 556,76	3 950 970,09		
9	693 711,10	3 950 436,94		
10	695 605,17	3 950 815,75	Prés de Bousfer	Points où l'eau presque stoppe le ruissellement
11	696 643,41	3 950 591,28		
12	696 615,35	3 950 226,49		
25	697 527,31	3 951 306,81		
26	697 218,65	3 951 517,27		
27	697 134,46	3 951 699,66		
28	696 825,80	3 951 194,58		
29	694 791,42	3 951 980,27		
30	694 524,85	3 951 362,93		
24	694 272,30	3 943 463,93	Sud d'el Haoussine	Points où l'eau ralentie le ruissellement
20	698 018,37	3 943 365,72	Prés de CH Bou Yakor	Points où l'eau ralentie le ruissellement
13	698 256,89	3 946 648,79		Points où l'eau presque stoppe le ruissellement
14	698 060,46	3 946 326,10		
15	698 018,37	3 945 722,80		
16	698 200,77	3 945 484,28		
17	697 807,92	3 945 063,37		
18	697 499,24	3 944 095,29		
19	697 723,73	3 943 548,11		
21	698 523,44	3 943 674,39		
22	695 998,02	3 943 884,84		
23	695 871,74	3 945 905,19		

VII.2.2.3 Proposition des pistes reliant les points d'eau

Il existe quatre pistes reliant le potentiel point d'eau mentionné dans la carte suivante. Ces pistes sont établies d'une manière à minimiser la pente et suit les courbes de niveaux.

- **Piste A** : relie les points d'eau 8, 9, 10, 11, 12, 25, 26, 27, 28, 29 et 30 ;
- **Piste B** : relie les points d'eau 2, 3, 4, 5, 6 et 7 ;
- **Piste C** : relie les points d'eau 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24 ;
- **Piste D** : conduit jusqu'au point d'eau n° 1.



Carte n° 32 : carte des pistes proposées reliant les points d'eau

Remarque : par superposition des points d'eau sur la carte des aléas on remarque que tous les points se trouvent dans la zone rouge où l'aléa est très fort à l'exception du point n° 7 qui se trouve dans la zone bleu (aléa faible) ou sur un terrain nu près d'une carrière de construction. L'alimentation des points d'eaux cités est tributaire de l'eau de ruissellement temporaire, néanmoins l'accessibilité à ces points peut nous laisser prévoir un apport complémentaire par citernes.

VII.2.3 Proposition des tours de vigie

Les tours de vigies sont des infrastructures pointues dans des situations géographiques biens spécifiques, à fin de couvrir une bonne partie du massif forestier (visibilité et surveillance d'une grande surface à 360°). La rentabilité de ces postes de vigies est liée à leurs surélévations où ils assurent une bonne couverture. Plus ces tours sont fréquentes, meilleures est la surveillance et l'objectif est atteint.

Notre zone d'étude caractérisée par une topographie plus ou moins accidentée ce qui rend la recherche des points des postes de vigies difficiles.

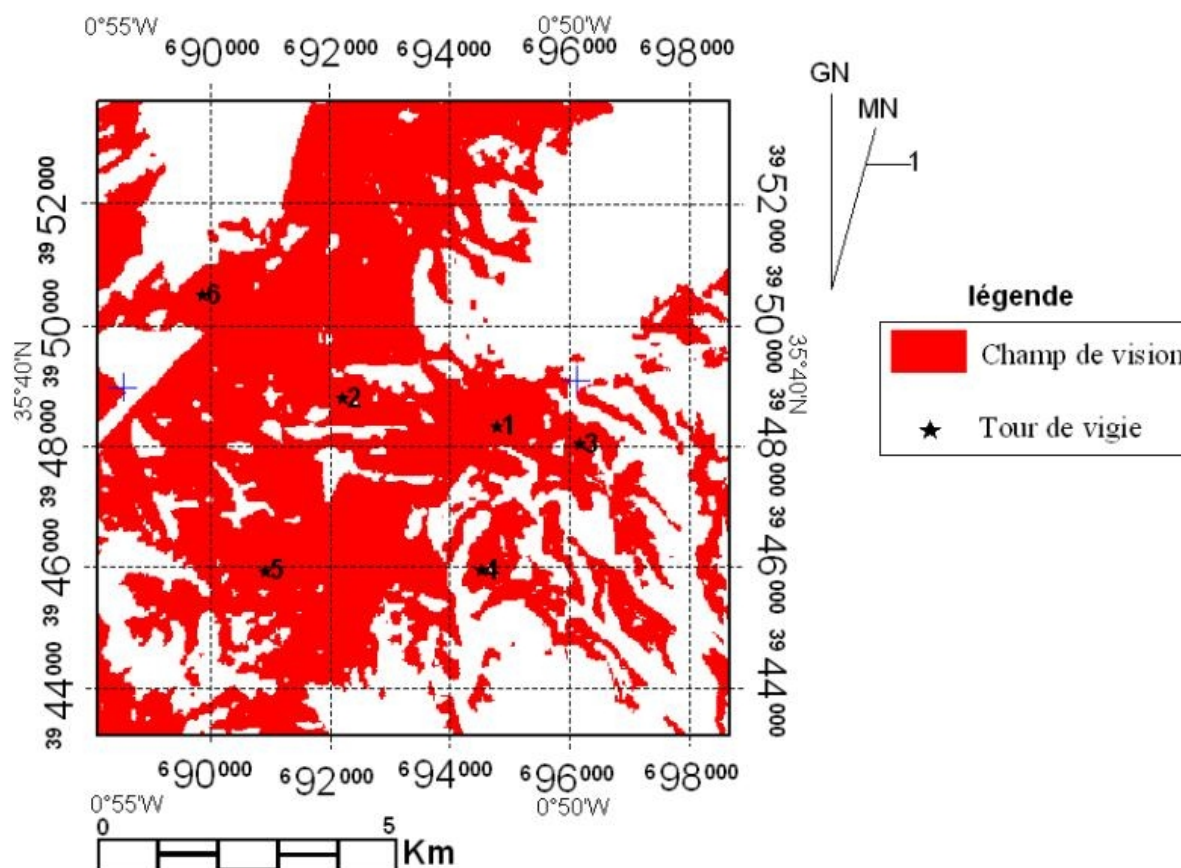
Grâce à l'exploitation du MNT par le logiciel *vertical mapper* on peut avoir des points de réalisation de ces tours et même les étendues des champs de vision.

L'élévation des tours de vigie est nécessaire, mais à partir des hauteurs déduits du MNT, on constate que les valeurs du tab 23, sont exagérées d'où l'option courante de choisir des P.V qui assurent une visibilité en 360°. La carte 33, synthétise les champs de vision des six postes proposés, en annexe pages 02, 03 et 04, où chaque poste de vigie est présenté par son champ de vision, d'où on peut dire que la priorité dans la réalisation est accordée au P.V n° 06 qui couvre la majeure partie du risque élevé.

Tableau n° 23 : Situations des tours de vigie

*** : hauteurs proposées à partir de la projection du logiciel vertical maper.**

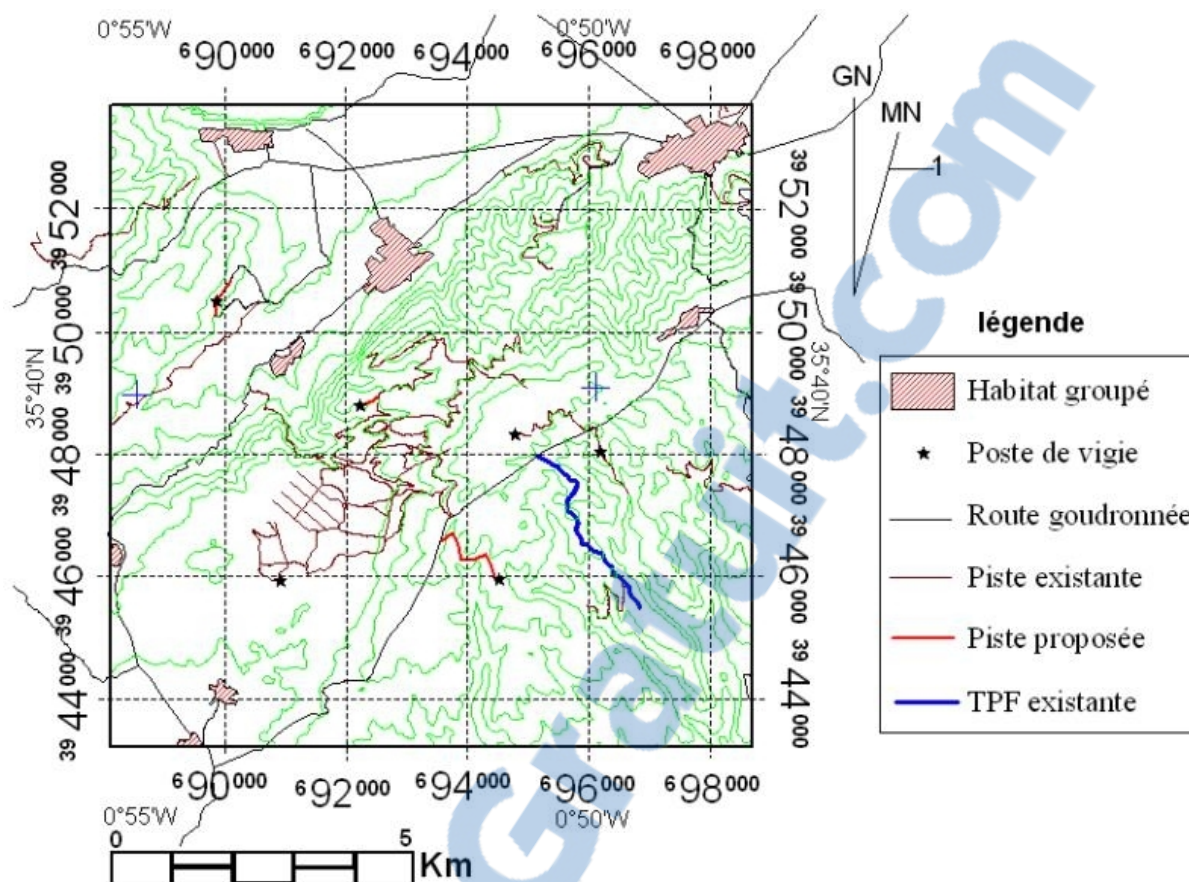
Tour de vigie	X (m)	Y (m)	Hauteur de la tour (m)*
1	694 783,09	3 948 370,69	30
2	692 223,27	3 948 840,86	20
3	696 176,21	3 948 074,65	20
4	694 521,90	3 945 984,99	20
5	690 934,64	3 945 967,58	30
6	689 872,40	3 950 547,43	40



Carte n° 33 : carte de tours de vigie

VII.2.3.1 Proposition des pistes reliant les tours de vigie

La superposition des couches d'information montre que les tours de vigie n° 01, 03 et 05 situés dans le réseau de desserte existant, les autres pour les reliés au réseau ne nécessite qu'un kilométrage faible (carte n° 34) se qui diminuer les dépenses et rend la tâche réalisable.



Carte n° 34 : carte des pistes proposées reliant les tours de vigie

Conclusion

Rapport-gratuit.com 
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES



Conclusion :

L'application de la télédétection et des systèmes d'informations géographique, nous à permet de superposer ***l'aléa*** sur les ***enjeux*** existants dont le premier est une couche d'information montrant la variation de l'indice d'aléa présente le résultat de la superposition de l'indice de combustibilité (IC), de biomasse (BM) et de topo morphologie (IM), par l'application de la formule : $Aléa = IC \times BM \times IM$ (Fig. n° 26) afin d'apprécier les différents degrés de risque qu'ils sont mis en exergue, le deuxième correspond à l'état du bâti actuel, c'est-à-dire aux constructions ou les installations susceptibles d'accueillir, même temporairement, des personnes, sont ainsi répertoriés comme des enjeux, les installations pouvant recevoir du public comme les campings, les zones d'accueil du public, les lieux à forte fréquentation, les infrastructures de communication et les tours de guet. A cet effet, 45 % de la zone d'étude, soit une surface plus grande que la forêt de M'sila est considérée comme une zone d'aléa fort et très fort. Les habitants de Bousfer et du village de Kherrouba, ainsi que ceux des demeures diffus de Bechedia et ceux situés à l'Est de Ouled Sidi Hammadi, constituent un risque d'incendie permanent pour la forêt de M'sila. Dans des situations pareilles, la règle générale est l'interdiction de réaliser des équipements et des bâtiments de nature d'aggraver les risques et/ou d'augmenter le nombre de personnes exposées.

Cependant, peuvent être admis avec prescriptions :

- Les aménagements, travaux et ouvrages destinés à protéger la forêt ou les constructions existantes ;
- Les locaux techniques permettant d'assurer la gestion d'équipement de lutte contre les incendies de forêts ;
- Les locaux techniques nécessaires à la gestion agricole (y compris sylvicole) à condition de ne pas aggraver les risques ou leurs effets ;
- Les infrastructures publiques (réseaux routiers de transport et de distribution téléphonique ou électrique, les voies ferrées), à condition de ne pas aggraver les risques sous leurs effets.
- La question des infrastructures publiques, devra également être examinée sous l'angle de la sécurité, en effet, ces équipements publics peuvent non seulement être endommagés par un incendie mais aussi, pour certain, être à l'origine de départ de feu.
- Les équipements nécessaires au fonctionnement des services publics à condition de ne pas aggraver les risques sous leurs effets.

En dehors de la zone d'aléa fort et très fort, soit 55 % de la zone d'étude, la carte (n° 25) d'aléas, présente un assortiment des autres degrés d'aléas. Potentiellement les risques de déclaration sont plus présents aux alentours des habitations et le long des

155 km de voies carrossables. Les activités agricoles, pastorales ou forestières doivent être contrôlées, voire interdites lorsque les risques d'incendie sont importants.

L'appréciation des différents niveaux de risque, nous amène à proposer un Plan de Prévention des Risques d'Incendie de Forêt (PPRIF), ce plan comporte deux volets :

- Le premier volet, représente une reprise de ce qui se fait en forêt méditerranéenne. Donc, c'est l'obligation de maintenir les coupures de combustibles en bonne état,
- le second volet est spécifique pour la forêt de M'sila, il se base sur l'ensemble des mesures proposées. On cite :
 - propositions TPF n°1 : d'une longueur de 1500 m
 - propositions TPF n°2 : d'une longueur de 740 m,
 - propositions TPF n°3 ; d'une longueur de 1300 m.
 - propositions d'une carte des points d'eau.
 - Proposition des pistes reliant les points d'eau aux réseaux de desserte
 - Proposition des tours de vigie en fonction des champs de visions.
 - Proposition des pistes reliant les postes de vigie aux réseaux de desserte.

La politique de prévention des risques d'incendies de forêts doit être orientée vers une planification de l'usage des sols et la maîtrise de l'urbanisation dans une perspective de développement durable.

Références bibliographique



- A.E.F.C.O.** : Administration des Eaux et Forêts de la Conservation d'Oran
- AIME S., 1991**-Etude écologique de la transition entre les bioclimats sub-humide, semi-aride et aride dans l'étage thermo-méditerranéen du Tell oranais (Algérie occidentale). Thèse Doc. Es Sci., Univ. Aix Marseille III, 189 p + Ann.
- ALEXANDRIAN D., 1982**-Estimation de l'inflammabilité et de la combustibilité de la végétation. Bulletin d'information du CEMAGREF n°228 janvier 1982 p (31-39).
- AMANDIER L., 1974**-Bases biologiques pour l'aménagement du massif des albènes ; Thèse docteur d'ingénieur ; USTL, Montpellier p (82-98).
- ANDERSON L et ROTHERNEL., 1965**-Sécurité civil et industrie, revue mensuelle n° 417, p60.
- ARFA AZZEDINE M., BENDERRADJI M et ALATOU D., 2006**-LES INCENDIES DE FORET EN ALGÉRIE : STRATÉGIE DE PRÉVENTION ET PLAN DE GESTION Université Mentouri, Constantine.
- AUBERT G., 1991**-Effet de l'incendie sur les sols forestiers. Symposium « la forêt carbonisée, son présent, son futur ». Revue « les cahiers du conservatoire du littoral » n°2. Forêt méditerranéenne : vivre avec le feu ?
- AUBERT G. et MONJAUZ A., 1946**-Observation sur quelques sols de l'Oranie Nord-Occidentale. Influence de déboisement, de l'érosion sur leur évolution. C.R. somm. Séances Soc. Biogéogr., 23 (199), 44-51. Paris.
- BAGOULS F. et GAUSSEN H., 1953**- Saison sèche et indice xérothermique. Bull. Hist. Nat., Toulouse, 88(3-4), 193-239.
- BARBERO M. et QUEZEL P., 1989**-Structure, architecture forestière à sclérophylles et prévention des incendies. Bull. Ecol. : 20(1), pp7-14
- BATUT A., 1886**- La photographie appliquée à la production du type d'une famille, d'une tribu ou d'une race, Paris, Gauthier Villars
- BENABDELI K., 1996**-Aspect physionomico-structural et dynamique des écosystèmes forestiers face à la pression anthropozoogène dans les Monts de Tlemcen et des monts de Daya (Algérie septentrionale). Thèse Doc. Etat, 356p+ annexes
- BENABDELI K., 1983**-Mise au point d'une méthodologie d'appréciation de la pression anthropozoogène sur la végétation dans le massif forestier de Télagh (Algérie). Thèse, doc, Sp. Aix Marseille III, 188 p.
- BLNACHI R., et GODFRIN V., 2001**-De la cartographie technique à la cartographie réglementaire. Le cas de PPRIF. ENSMP-pole Cindyniques (France)
- BOER C., 1989**-effects of the forests fire 1982 in East Kalimantan on wildlife. FR-report n°7. Deutsche forest service GMBH, samardinda, Indonésie.
- BOUHRAOUA R., 2003**- Situation sanitaire de quelques forêts de chêne-liège de l'Ouest Algérien : Etude particulière des problèmes posés par les insectes. Thèse, Doc.
- BONN F et ROCHON G., 1993**-Précis de télédétection. Principes et méthodes. Volume 1, UREF, p 485.
- BOUDY P., 1955** - Economie forestière nord-africaine. Tome 4 : Description forestière de l'Algérie et de la Tunisie. Larose, Paris, 483 p.

- BROWN S et LUGO AE., 1982**-The storage and production of organic matter in tropical forests and their role in the global carbon cycle. *Biotropica*, 14, p(161-187).
- BURROUGH P H., 1986**-Principals of geographical information system for land ressource assement, clarendon press, Oxford, p 193.
- BRUNEAU., M et al., 1985**-Identification and dynamics of the agricultural environments in the northeast Thailand (Udon Thani. Sakon.Nakhon). Série cartosat n°56.
- CEMAGREF., 1989**-Le guide technique du forestier méditerranéen français, chapitre IV : protection des forêts contre les incendies. Division technique forestière, Aix-en Provens (France).
- CESTI G., 1990**-Il vento e egli incendi boschivi : indagine sulla ventosità invernale in valle d'Aosta « regione autonoma valle d'Aosta, assessorato agricoltura, foreste e ambiente naturale, servizio selvicoltura, difesa e gestione del patrimonio forestale, chatillon, p 159.
- CESTI G et CERISE A., 1992**-Aspetti degli incendi boschivi. Analisi dei comportamenti particolari del fuoco e delle sue tipologie negli incendi boschivi. Esame di una realtà alpina. Edition Musemeci, quart (Aosta) p 336.
- C.F.W.O** : Conservation des Forêts de la Wilaya d'Oran
- COLIN P Y., JAPPIOT M., MARIEL A., LAMPIN C et VEILLON S., 2001**-Protection des forêts contre l'incendie, Edit. FAO/CEMAGREF, cahier FAO conservation n°36, 149p.
- COWEN, D. J., 1988**- GIS versus CAD versus DBMS: What Are the Differences? *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*
- DAGET P., 1977**-Le bioclimat méditerranéen, caractères généraux, méthodes de caractérisation. *Vegetatio.*, 1(34): 1-20.
- DAVIES S.J et UNAM L., 1999**-Smoke-haze from the 1997 Indonesian forest fires: effects on pollution levels, local climate, atmospheric CO2 concentrations, and tree photosynthesis. *Forest Ecology and Management* 124: 137-144.
- D.D.A.F** Direction Départementale de l'Agriculture et de la Forêt
- DEBRACH J., 1953**-Notes sur les climats du Maroc occidental. *Maroc médical*, 32 (342), 1122-1134.
- DELABRAZE P et VALETTE JC., 1974**-Inflammabilité et combustibilité de la végétation forestière méditerranéenne. *Revue forestière française* n° spécial.
- DELAVEAUD P., 1981**-le feu, outil sylvicole ? Utilisation pratique des données de combustibilité. Mémoire de troisième. ENITEF-INRA. Document interne PIF8105 ; 91p.
- DENNIS R., MEIJAARD E., APPELEGATE G., NASI R et MOORE P., 2001**-Impact of human-caused fires on biodiversity and ecosystem functioning and their causes in tropical, temperate and boreal forest biomes CDB technical series n° 5

- DESHAYES M et MAUREL P., 1990**-Télédétection en agriculture. Première partie : principes généraux de la télédétection (image spatial et son contenu). Actes colloque de Montpellier, 13-15 mars 1990, p (11-27).
- DIDIER M., 1990**-Utilité et valeur de l'information géographique. Economica, paris, p 255.
- FAO., 2001**. Evaluation des ressources forestières mondiales 2000 - rapport principal. Etude FAO, Forêts n° 140. Rome.
- DUCH Y et RIGOLOT E., 2000**-mise au point préliminaire. In conception des coupures de combustible. Document réseau coupures de combustible n°4, Ed., la cardère, Morière, pp 113-117
- DUBUSQ M., 1989**-Reconnaissance des sols par télédétection et leur comportement par rapport à l'érosion dans le Lauragais. Thèse de doctorat, université Paul Sabatier, Toulouse III, p 242.
- EASTMAN GR., 1993**-Idrissi, version 4.0 et 4. Un SIG en mode image. Clark university U.S.A, traduction C.COLLET p277.
- EMBERGER L., 1942**-Un projet de classification des climats du point de vue phytogéographique. Bull. Soc. Hist. Nat., Toulouse, 77, 97-124.
- FAO., 1986**-Terminologie de la lutte contre les incendies des forêts, étude de la FAO : Forêt n° 70 Rome p 275.
- FERKA ZAZOU N., 2006**- Impact de l'occupation spacio-temporelle des espaces sur la conservation de l'écosystème forestier. cas de la commune de tessala, wilaya de sidi bel abbes, algerie
- GERALD G., THIERRY H., LOÏC B et LAURENT S., 1994**-Plans de prévention des risques naturels(PPR) risques d'incendies de forêt p 72
- GIRARD M et GIRARD CM., 1999**-Traitement des données de télédétection. Edition DUNOD, paris 1999, p 529.
- GOURINARD Y., 1958**-recherches sur la géologie du littoral oranais. Publications du Service de la Carte géologique d'Algérie, nouvelle série, 6: 111 p.
- I.N.R.A., 1991**-Gestion de l'espace rural et système d'information géographique. Séminaire INRA, Florac, 22-24 octobre 1991, p 421.
- I.N.P.V** : Institut Nationale de Protection Végétale.
- JAPPIOT M., BLANCHI R et ALEXANDRE D., 2002**-Cartographie du risque : recherche méthodologique pour la mise en adéquation des besoins, des données et des méthodes. Cemagref, ENSMP-ARMINES, agence MTDA, colloque de restitution des travaux de recherche du SIG incendies de forêt, 4 Décembre 2002, Marseille (France).
- KINNARD M.F et O'BRIEN T.G., 1998**-ecological effects of wildfire on lowland rainforest in Sumatra. Conservation Biology, 12(5),pp : 954-956
- LE HOUEROU H.N, 1969** La végétation de la Tunisie steppique. Thèse. Doc. Es se. Aix –Marseille III.

- LETREUCH BELAROUCCI N., 1992**-Notes de cours de sylvicultures générale. Ed. OPU, Alger, 50p
- MCGARIGAL K., CUSHMAN S.A. 2002**-Comparative evaluation of experimental approaches to the study of habitat fragmentation effects. Ecological Applications.
- MARGERIT J., 1998**-Modélisation et simulations numériques de la propagation de feus de forêts. Thèse. Doc. Inst. National polytechnique de lorraine. Nancy, France, 260 p.
- MAZOUR, M.– MORSLI, B. – TOUIL, A. – KASMI, M. – ROOSE, E., 2008**-Aménagement et techniques traditionnelles de conservation de l'eau et du sol dans le nord ouest algérien
- MEDERBAL K., 1983**-La télédétection aérospatial et la phytoécologie. Application à deux régions naturelles d'Algérie : le littoral (Mostaganem) et l'Atlas saharien (Djelfa). Thèse 3^{ème} cycle, université d'Aix-Marseille III, p 178.
- METRO A., 1975**-Dictionnaire forestier multilingue. Edition conseil international de la langue française.
- MOL T., KUCUKOSMANODLU A et BILGILI F., 1997**-forests and fires, XI congrès forestier mondial, p7.
- O.N.F** Office National des Forêts
- OZENDA P., 1977**- Flore du Sahara. Edit. du CNRS. 625p.
- QUEZEL P., 2000**-Réflexions sur l'évolution de la flore et de la végétation au Maghreb méditerranéen. Ibis Press, Paris, 117 p.
- SAUVAGE C., 1963**-Etage bioclimatique : Atlas du Maroc. Pub. Univ. , Alger, 219p.
- SCANVIC J., 1993**-Utilisation de la télédétection dans les sciences de la terre. Manuels et méthodes, B.R.G.M, 1993, France, p158
- SELTZER P., 1946** - Le climat de l'Algérie. La Typo-Litho, Alger, 249.
- TINTHOIN R., 1948**-Les aspects du Tell Oranais. Thèse Doc.es Lettres, Fouque, Oran, 638p.
- TOMLINSON R.F., 1988**-The Impact of the Transition From Analogue to Digital Cartographic Representation. The American Cartographer vol. 15 n°3: 251-261.
- TRABAUD L., 1974**-Apport des études écologiques dans la lutte contre le feu , revue forestière française, n° spécial, p (140-135) .
- TRABAUD L., 1976**-Inflammabilité et combustibilité des principales espèces méditerranéenne. Ecologie plantarium, vol.11(2),pp 117-136.
- TRABAUD L., 1979**-Etude du comportement du feu dans la garigue de chene kermès à partir des ttemperatures et des vitesses de propagation. Ann. SCI. For, 36(1)pp 13-38.
- TRABAUD L., 1992**-Fire in mediterranean ecosystems. Atteler international sur l'action du feu dans les écosystèmes méditerranéens, Banylus sur mer (France), 441p. Ministère de l'écologie et du développement durable. 91p)

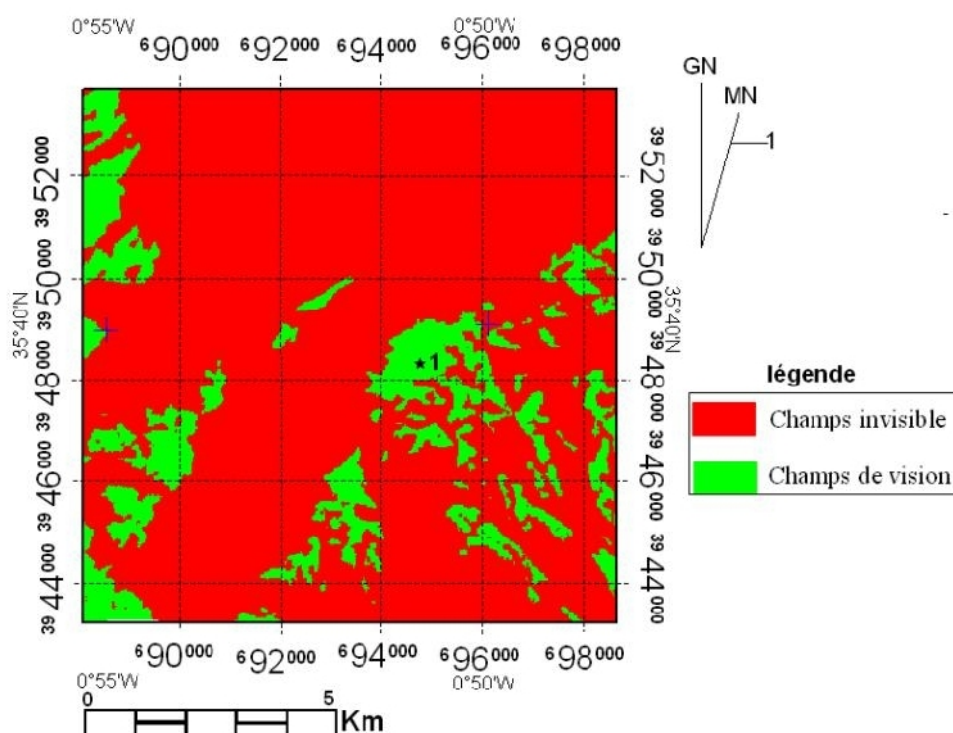
Rapport-Gratuit.com



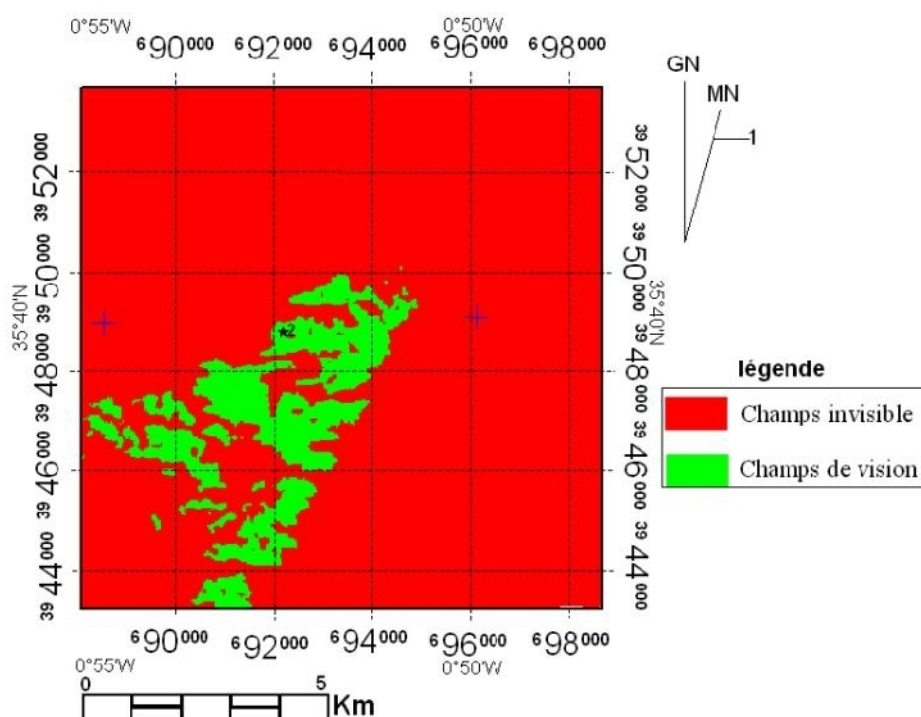
Pages annexes

Tableau 24 : Note de combustibilité des principales espèces dominantes de la végétation méditerranéenne (Source CEMAGREF)

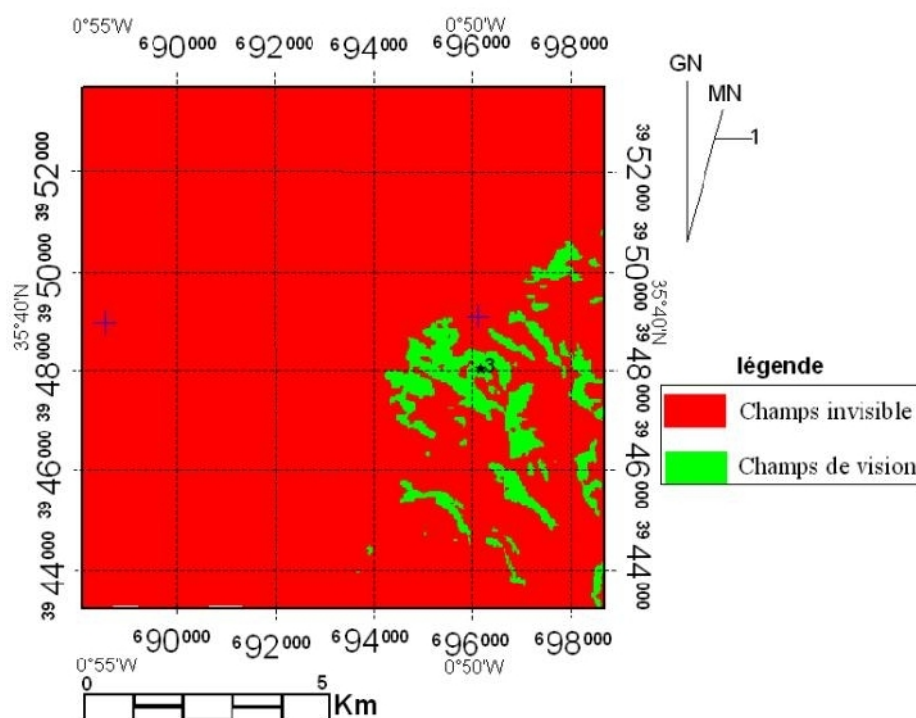
LIGNEUX HAUT			
Arbousier <i>Arbutus unedo</i> 5	Châtaignier <i>Castanea sativa</i> 5	Cèdre <i>Cedrus atlantica</i> 6	Cyprès <i>Cupressus macrocarpa</i> 6
Chêne vert <i>Quercus ilex</i> 7	Erable <i>Acer palmatum</i> 5	Epicéa <i>Picea abies</i> 6	Noisetier <i>Corylus avellana</i> 2
Hêtre <i>Fagus sylvatica</i> 2	Peuplier <i>Populus nigra</i> , poplar 2	Chêne pubescent <i>Quercus pubescens</i> 5	Pin d'Alep <i>Pinus halepensis</i> 7
Ome 2	Pin noir <i>Pinus nigra arn</i> 7	Douglas <i>Pseudotsuga menziesii</i> 6	Pin pignon <i>Pinus pinca</i> 7
Pin maritime <i>Pinus pinaster</i> 7	Pin de salzman <i>Pinus salzmanni</i> 7	Frêne <i>Fraxinus spp</i> 2	Robinier <i>Robinia pseudoacacia</i> 2
Pin sylvestre <i>Pinus sylvestris</i> 7	Saule <i>Salix alba, willow</i> 2	Olivier <i>Olea europea</i> 5	Sapin <i>Epicea</i> 6
LIGNEUX BAS			
Ajonc épineux <i>Ulex europaeus</i> 8	Amélanchier <i>Amelanchier laevis</i> 3	Bruyère arborescente <i>Erica arborea</i> 8	Bruyère multiflore <i>Erica multiflora</i> .L 6
Bruyère cendrée <i>Erica cinerea</i> L 6	Bruyère à balais <i>Erica scopria</i> 7	Buis <i>Buxus sempervirens</i> 5	Canne de provence <i>Arundo donax</i> 5
Callune <i>Calluna vulgaris</i> 6	Ciste blanc <i>Cistus albidus</i> 6	Ciste à f. de sauge <i>Cistus salvifolius</i> 3	Epine de christ <i>Paliurus spina-christi</i> 3
Eglantine <i>Rosa canina</i> L 5	Genet à balais <i>Cytisus scorius</i> L 5	Genet d'Espagne <i>Spartium junceum</i> 5	Genet purgatif <i>Cytisus purgans</i> 7
Genet scorpion <i>Genista scorpius</i> 8	Genévrier commun <i>Juniperus communis</i> 7	Genévrier oxycèdre <i>Juniperus oxycedrus</i> 7	Lavande stéchade <i>Lavandula stoechas</i> 5
Lavande à large f <i>Lavandula latifolia</i> 5	Chêne kermès <i>Quercus coccifera</i> 8	Pistachier lentisque <i>Pistacia lentiscus</i> 4	Prunellier <i>Eriogaster catax</i> 4
Romarin <i>Rosmarinus officinalis</i> 5	Ciste de Montpellier <i>Cistus monspeeliensis</i> 3	Ronces <i>Rubus fruticosus</i> 6	Stacheline <i>Stachelina dubia</i> 3
Térébinthe <i>Pistacia terebinthus</i> 4	Filaria <i>Phillyrea angustifolia</i> 5	Thym <i>Thymus vulgaris</i> 4	
HERBACEES			
Agrotis 1	Anthyllide <i>Anthyllis vulneraria</i> 1	Aphyllanthe <i>Aphyllanthes</i> 1	Avoine <i>Avena sativa</i> 1
Brachypode des bois <i>Brachypodium sylvaticum</i> 1	Brachypode penné <i>Brachypodium pinnatum</i> 1	Brachypode rameux <i>Brachypodium ramosum</i> 1	Brome érigé <i>Bromus crectus</i> 1
Canche flexueuse <i>Deschampsia flexuosa</i> 1	Dactyle <i>Dactylis glomerata</i> 1	Fétuques <i>Festuca</i> 1	Fougère aigle <i>Pteridium aquilinum</i> 2
Fromental <i>Archenatherum elatius</i> 1	Inule visqueuse <i>Inula viscosa</i> 1		



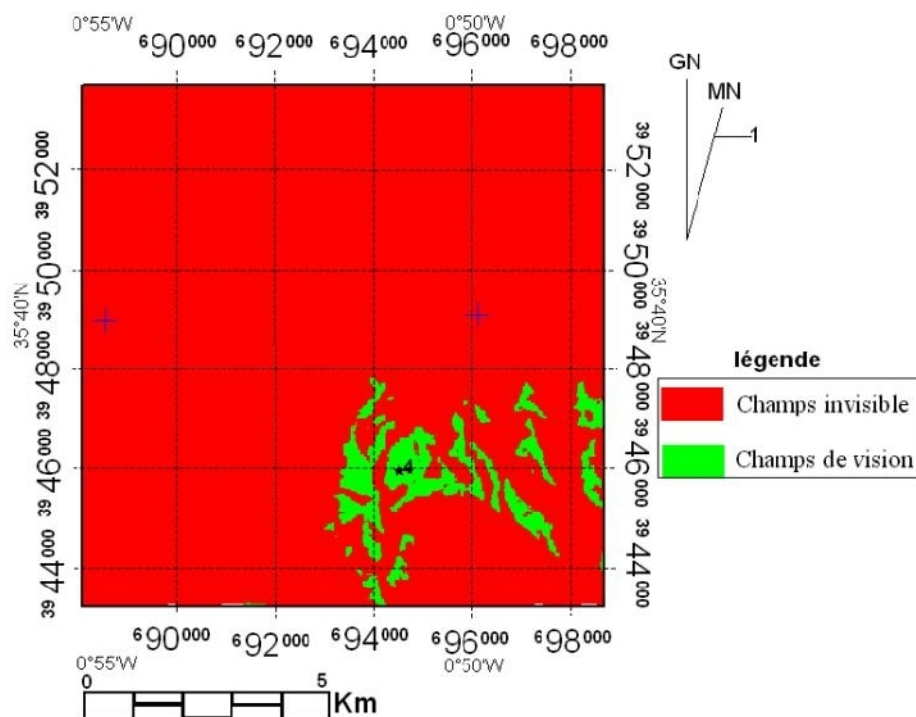
Carte n° 35 : Champs de vision de la tour de vigie 01



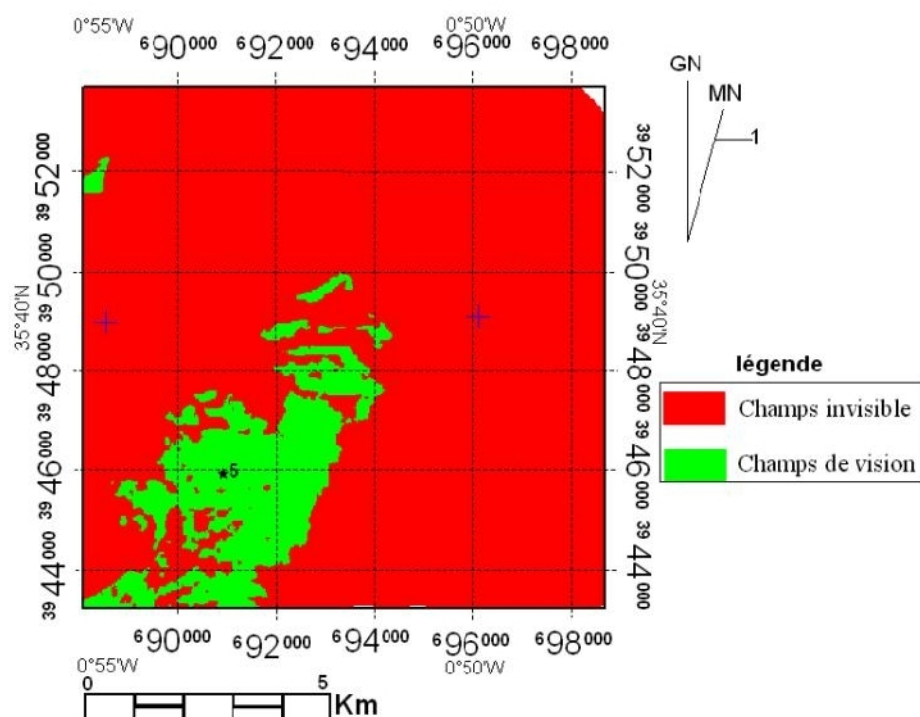
Carte n° 36 : Champs de vision de la tour de vigie 02



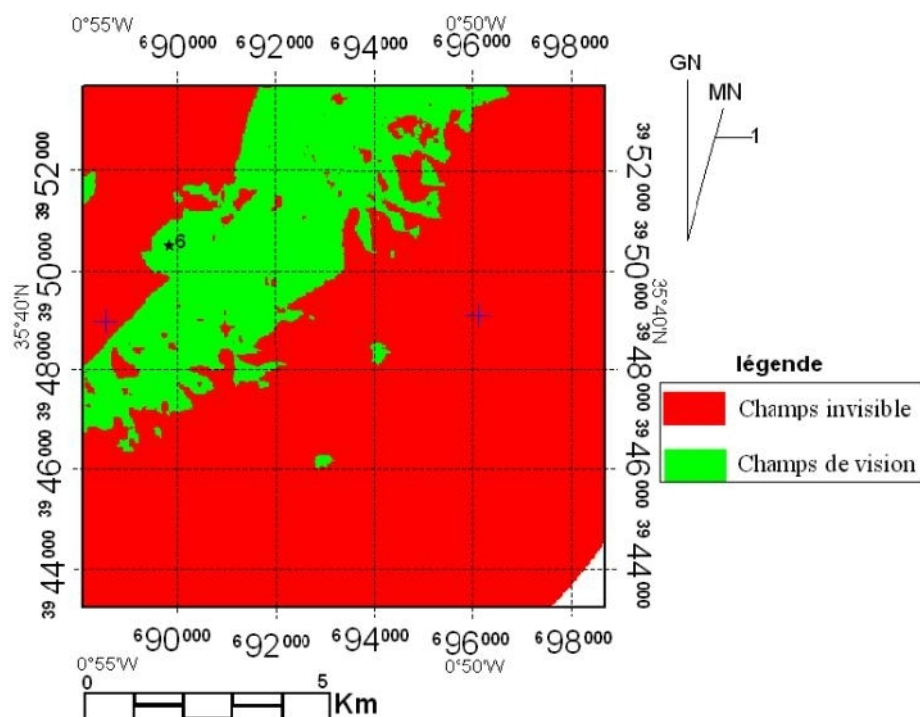
Carte n° 37 : Champs de vision de la tour de vigie 03



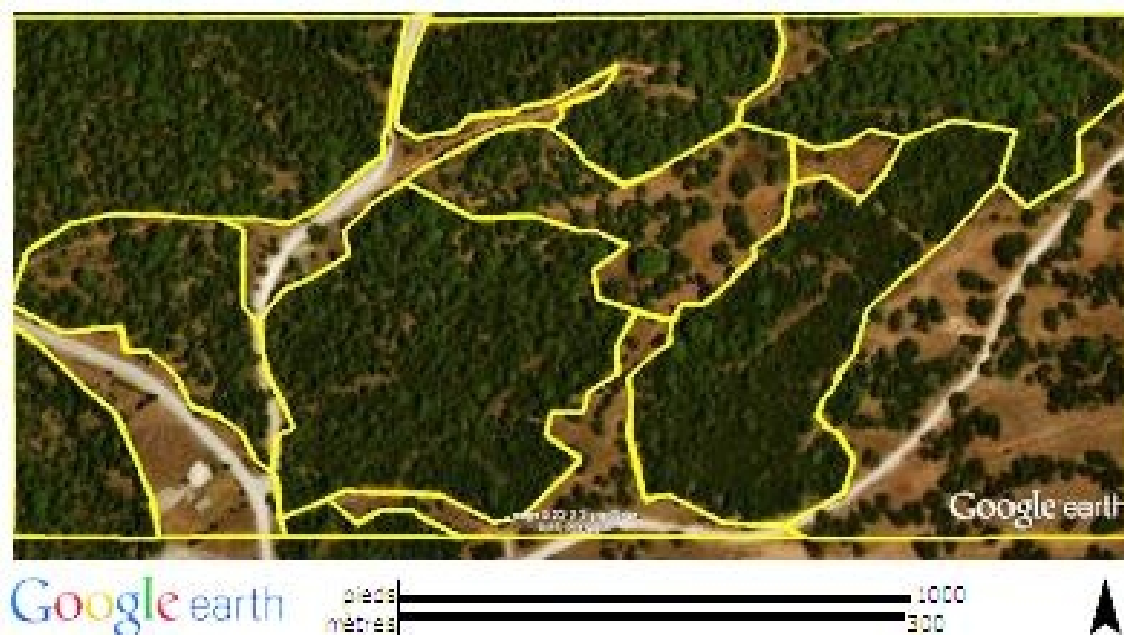
Carte n° 38 : Champs de vision de la tour de vigie 04



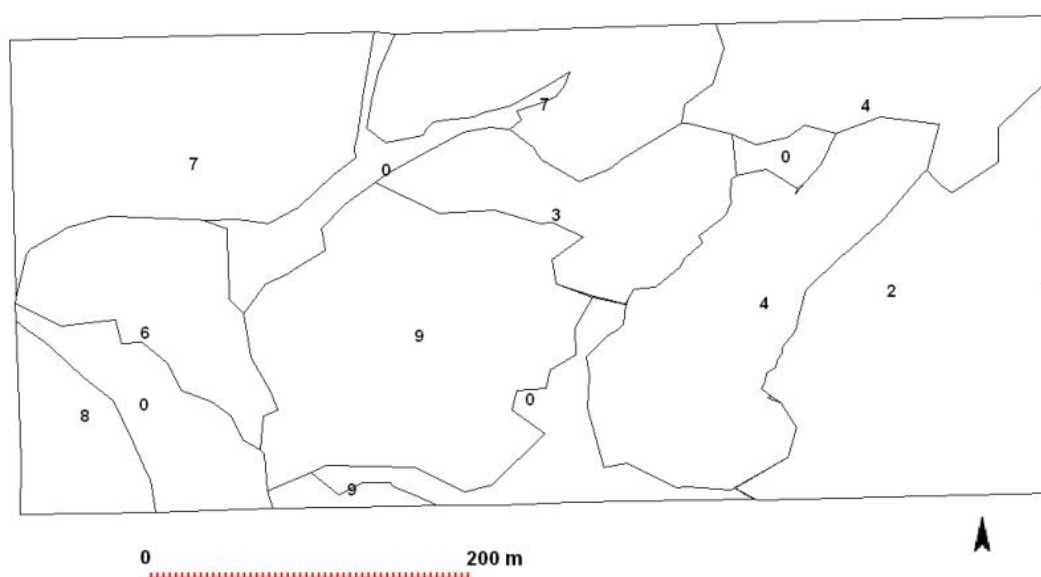
Carte n° 39 : Champs de vision de la tour de vigie 05



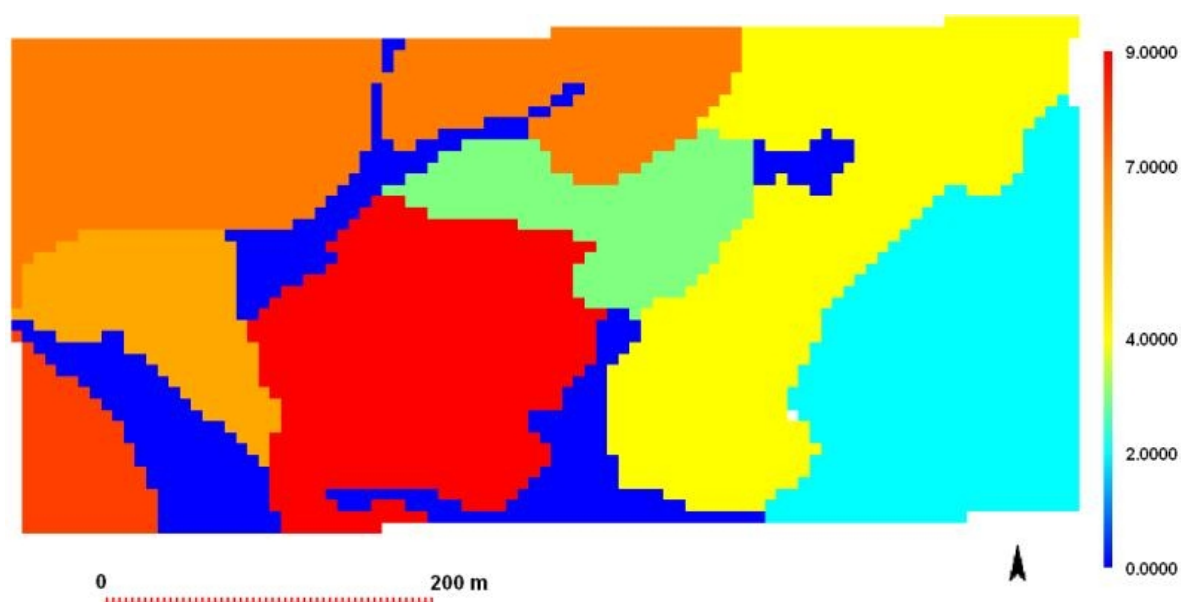
Carte n° 40 : Champs de vision de la tour de vigie 06



Carte n° 02 : carte de relevé de BV_2 à partir de Google Earth



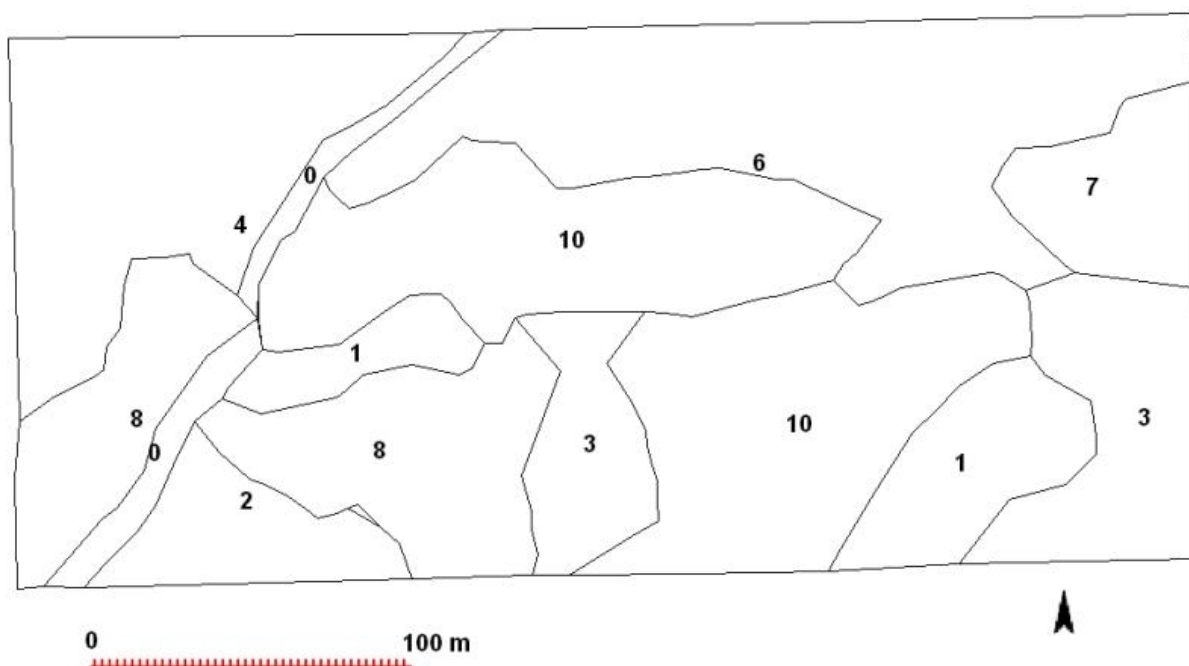
Carte n°03 : carte de relevé de BV_2 en mode vecteur



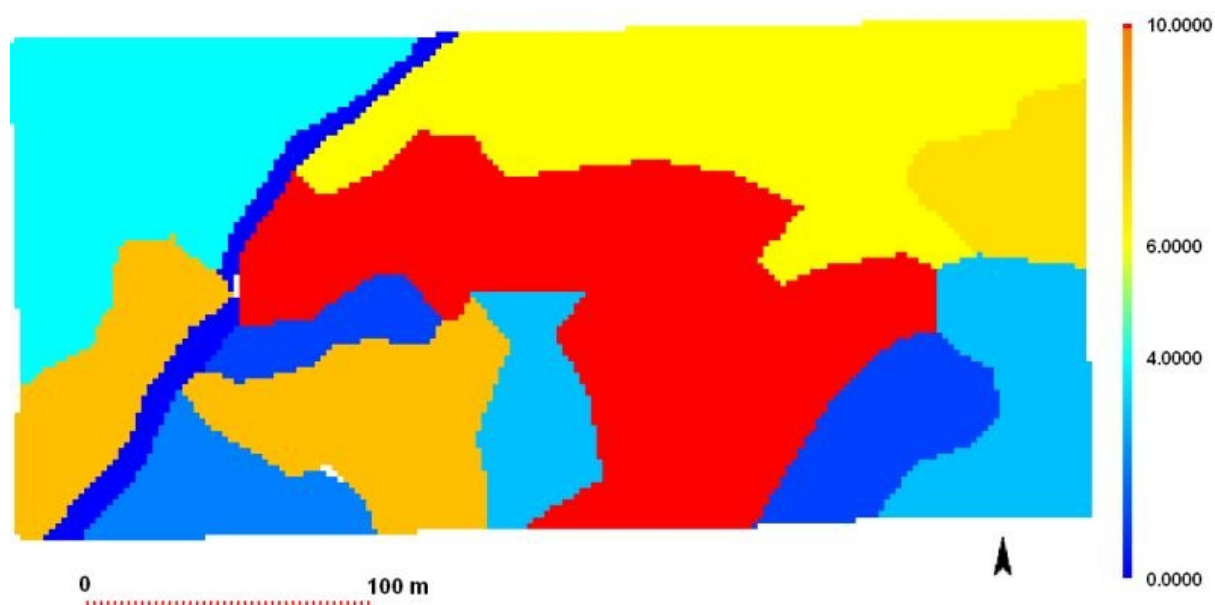
Carte n° 04 : carte de relevé de BV₂ en mode raster



Carte n° 02 : carte de relevé de BV₃ à partir de Google Earth



Carte n°03 : carte de relevé de BV_2 en mode vecteur



Carte n° 04 : carte de relevé de BV_2 en mode raster



Résumé

Le risque de déclenchement des feux de forêt est liée à des facteurs naturels et anthropiques. Réduire le nombre de feux par unité temps (Aléa) ou stopper sa propagation relèvent d'un Plan de Prévention des Risques d'Incendie de Forêt (P.P.R.I.F) qui s'impose avec force afin de juguler la dégradation que subissent les forêts.

La présente étude tente à ressortir un zonage de différents degrés d'Aléa dans la forêt de M'sila et son environnement (bassin de risque), ce zonage basé sur une étude technique permettant de cartographier l'Aléa pour qu'on puisse le superposer aux enjeux (bâties...) existant afin d'apprécier les Risques. Cette étape permet aussi de suggérer des solutions dans un cadre de développement durable.

Mos clefs : feux de forêt, Aléa, Plan de Prévention des Risques d'Incendie de Forêt, zonage, forêt de M'sila, enjeux, développement durable.

Abstract

The risk of release of forest fires is related to the several factors natural and anthropic. To make reduce the number of fires per unit time (Risk) or of stopped the propagation of fires, depends on a Prevention plan of the Risks of Forest fire (P.P.R.I.F) which is essential with force in order to suppress degradation that our forests undergo.

The present study tries to arise a zoning of different degrees of Risk in the forest from Me sila and its environment (basin of risk), this zoning based on a technical study allowing of cartography the Risk so that can superimpose it on the stakes (built...) existing in order to assesses the risks, this stage also allows to suggest solutions suggested integrated within a framework of sustainable development.

Mos keys: forest fires, Risk, Prevention plan of the Risks of Forest fire, zoning, forest of Me sila, stakes, sustainable development.

ملخص

إن خطر حرائق الغابات مرتبط بعدة عوامل طبيعية و بشرية، **فمحاولة** تقليل عدد الحرائق بالنسبة لعامل الزمن (**احتمل الخطر**) و إيقاف انتشار الحريق يتوقف على مخطط الوقاية من خطر حرائق الغابات (**م و خ ح غ**) الذي يعتبر جد ضروري لكبح تدهور حالة الغابات.

هذه الدراسة هي محاولة تحديد مناطق مختلفة الأخطار الخاصة بغابة مسيلة و محيطها (**حوض الخطر**)، فتحديد هذه المناطق يعتمد على دراسة تقنية تسمح بإنشاء خريطة مختلف مناطق الأخطار المتموضعة على الرهانات (**المفشات** السكنية) المتواجدة من أجل استشعار الخطر و هذه الدراسات تسمح أيضا بتقديم اقتراحات تدرج ضمن التنمية **المستدامة**.

كلمات مفتاحية: **حرائق الغابات**, **احتمل الخطر**, مخطط الوقاية من خطر حرائق الغابات, **مناطق مختلفة الأخطار**, غابة مسيلة, الرهانات, التنمية المستدامة.