



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE
ET POPULAIRE



MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE Dr. MOULAY TAHAR Saïda

Faculté Des sciences

Département De biologie

Mémoire :

De fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme master en BIOLOGIE

Spécialité : Protection des écosystèmes

Présenté par Mr : ATTOU Ahmed Abd El Hakim

Mlle : KHELIL Karima

Thème :

*Contribution à l'étude de la régénération post - incendie des
formations forestières à Tetraclinis Articulata dans la Commune
de Tircine. Daira de Ouled Brahim. wilaya de Saïda*

Soutenu le: 23 /06/2020

Devant la commission du jury composée par :

Président: BERROUKCHE Abdelkrim

Encadreur: TERRAS Mohamed

Examineur : BELHADI Abdelkader

Année universitaire : 2019/2020

Remerciements

Avant tout, nous remercions Dieu tout puissant de nous avoir accordé la force, le courage et les moyens afin d'accomplir ce modeste travail.

*Au terme de cette étude, nous exprimons notre profonde gratitude à Mr **TERRAS Mohamed** pour l'encadrement qu'il nous a assuré, pour sa compréhension et sa patience avec nous tout au long de l'élaboration de ce mémoire, et pour ses conseils judicieux.*

*Nos remerciement s'adressent aussi à Monsieur **BERROUKCHE Abdelkrim**, pour avoir accepté de présider ce jury, nous le pris de trouver ici l'expression de notre respectueuse gratitude.*

*Nous voudrions également remercier Monsieur **BELHADI Abdelkader** pour avoir accepté d'examiner ce travail, qu'il trouve ici m'expression de nos sincères respects.*

Sans oublier de remercier nos collègues, les étudiants de la deuxième année mastère protection des ecosystems 2019-2020.

Nos remercient vont aussi à nos familles, tous nos Amis, celles et ceux qui nous ont apporté leur aide, et tous ceux qui ont contribué par leur soutien de près ou de loin, pour la réalisation de ce travail

Merci

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à toutes les personnes que j'aime et en particulier :

Mes parents

Mes sœurs : Zohra et Kheira

A mon frère : Mohamed

A tous les familles KHELIL et NEKROUF

A tout mes professeurs

A tous mes amis

Karima

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à toutes les personnes que j'aime et en particulier :

Mes parents

Mes sœurs : Maram et Hadjira

A mon frère : Abd el hadi

A tous les familles ATTOU et LOGBI

A tout mes professeurs

A tous mes amis et mes collègues de travail

Abd el Hakim

LISTE DES TABLEAUX

<u>Numéro</u>	<u>page</u>
Tableau 01 : influence du taux d'humidité sur l'inflammabilité.....	11
Tableau 02 : estimation du risque en région méditerranéenne	29
Tableau 03 : les résultats des essais effectués par l'INRA	32
Tableau 04 : classes de pentes représentées en fonction de la surface occupé en km2	58
Tableau 05 : les classes d'altitude mesuré avec MNT.....	60
Tableau 06 : situation de la station météorologique de Saida.....	62
Tableau 07 : précipitations moyennes mensuelles et annuelles en mm...62	62
Tableau 08 : fréquence moyenne mensuelle des gelées.....	63
Tableau 09 : fréquence moyennes mensuelles de la vitesse des vents en m/s période (1983-2012)	64
Tableau 10 : la vitesse des vents	64
Tableau 11 : représentation de la fréquence des vents selon la température moyenne	65
Tableau 12 : variation des températures moyennes minimales et maximales.....	66
Tableau 13 : précipitations et températures moyennes mensuelles période (1983-2012).....	68
Tableau 14 : classification des climats selon la valeur de l'indice d'aridité	69
Tableau 15 : indice d'aridité mensuelle	70
Tableau 16 : les espèces de station 01.....	79
Tableau 16 : les espèces de station 02.....	84
Tableau 16 : les espèces de station 03.....	86

Liste des figures

<u>Numéro</u>	<u>page</u>
Figure 01 : Triangle du feu	03
Figure 02 : Les différentes strates de combustible	04
Figure 03 : Les modes de transfert de la chaleur	06
Figure 04 : Schéma de propagation du feu	08
Figure 05 : Représentation schématique d'une flamme et de ses caractéristiques géométriques	14
Figure 06 : Les types des feux de forêts.....	15
Figure 07 : Les différentes formes des feux de forêt.....	17
Figure 08 : Les différentes parties d'un feu de forêt.....	18
Figure 09 : les différentes organes de thuya de berbrie	47
Figure 10 : Aire de répartition du thuya de berberie en méditerranée sud-occidental	49
Figure 11: La loupe de thuya de berberie	55
Figure 12 : Carte des pentes de la commune de Tircine	57
Figure 13 : Carte d'exposition de la commune de Tircine	59
Figure 14 : Carte hypsométrique de la commune	60
Figure 15 : Carte hydrographique de la daïra de ouled Brahim	61
Figure 16 : La fréquence des vents selon les directions en %.....	64
Figure 17 : Les températures entre 1983-2012.....	67
Figure 18 : Régénération du thuya dans la zone d'étude	73
Figure 19: La régénération poste incendie du thuya	73
Figure 20: Les trois stations étudiées dans la forêt de Ben Alouche	76
Figure 21 : Forêt Ben Alouche	77
Figure 22 : Forêt Ben Alouche.....	77
Figure 23 : Le romarin espèce	80

Figure 24 : La filaire espèce	80
Figure 25 : Genévrier oxycédre	81
Figure 26 : Le palmier nain	82
Figure 27 : Pistachier lentisque	82
Figure 28 : Férule commune	82
Figure 29 : L'asphodèle.....	83
Figure 30 : L'alfa espèce.....	83
Figure 31 : Chêne vert	85
Figure 32 : Marrube blanc	85
Figure 33 : les moyens matérielle de lutte contre les incendie (camion citerne feu de foret..	92
Figure 34 : • véhicule porteur d'eau.....	92
Figure 35 : Ouverture et aménagement des pistes forestières.....	94
Figure 36 : ouverture et entretien des tranchés pare feu.....	95
Figure37 :les postes vigie.....	95
Figure 38 : costruction et aménagements des points d'eau.....	95

Sommaire

-Remerciements	
-Dédicace	
-Liste des figures	
-Liste des tableaux	
-Liste des abréviations	
-Introduction général.....	02

Chapitre 01 : les feux de forêts

Introduction

1. mécanisme du feu.....	03
2. la propagation du feu	07
3. les principales caractéristiques d'un feu de forêt	13
4. Les différents types de feu	15
5. l'origine des incendies	18
6. recherche des causes	22
7. les conséquences des incendies	24
8. risque incendie de forêt en Algérie	28
9. la prise en compte du risque	29
10. les actions de prévention et de secours	34

Chapitre 02 : thuya de berberie

1. Introduction	46
2. caractères botanique	46

3. systématique de thuya de beberie	47
4. aire de répartition de thuya de berberie	48
5. les conditions climatiques	50
6. les conditions lithologiques	51
7. altitudes	51
8. régénération de thuya de berberie	51
9. sylviculture de thuya de berberie	52
10. importance économique de thuya de berberie	52

Chapitre 03 : présentation de la zone d'étude

1. présentation de la commune de Tircine	56
2. Etude de milieu physique	57
3. Synthèse bioclimatique	67
4. Aspects démographique et socio-économique	70
5. Tourisme	71

Partie expérimentale

➤ Première partie

• Synthèse sur la régénération de thuya de berberie

1. Régénération de thuya	72
2. Les facteurs de dégradation des peuplements de thuya.....	74

➤ Deuxième partie

1. Méthode d'étude.....	76
2. L'étape analytique	77
3. Indication pour chaque station	78
4. Matériels utilisés	78
5. L'utilisation de matériels	78

6. Etude de station numéro 01	79
7. Etude de station numéro 02	84
8. Etude de station numéro 03	86
9. Résultat et discussion	86

Chapitre 04 : les aménagements post incendie

1. Détermination de risque d'incendie	88
2. La lutte contre les incendies	89
3. Protection contre les incendies	93
4. Le reboisement	96
5. La fixation des berges	96
6. Les espaces agricoles	97
7. Les principales orientations d'aménagement hydro agricole	97
8. Conclusion	97
Conclusion général	99

Introduction générale

Introduction général

La forêt est à la fois une source d'équilibre écologique, une richesse économique et une espace géologique et touristique. C'est un écosystème fragile, qui son développement et sauvegarde dépendent fortement de l'action de l'homme. Mais elle est menacée par cet homme car il étend de plus en plus son emprise sur les territoires forestiers, et par conséquent il est porteur de risque et même de menace d'incendie (Seillan, 2006).

Pendant des millions d'années, le feu a été un facteur majeur qui configurait la composition, la structure et le fonctionnement des écosystèmes méditerranéens. Les forêts en particulier sont régulièrement attaquées par le feu, souvent avec des conséquences sociales, environnementales et économiques, telles que le maintien du sol, la conservation des ressources biologiques et la capacité de régulation du climat par les écosystèmes à travers la modification du cycle du carbone, entre autres.

Chaque année, ce sont plusieurs millions d'hectares qui brûlent à l'échelle planétaire, dans le Bassin méditerranéen 600.000 à 800.000 d'hectares sont annuellement la proie des flammes, notamment dans les pays de la rive nord de la méditerranée (Rowell et Moore, 2000 ;WWF-UCIN,2007).

En Algérie, chaque année en moyenne plus de 36.000 hectares de forêts sont détruits par les feux. Les pertes économiques dans le secteur forestier générées par ces feux, entre 1985 et 2006, se chiffrent à plus de 113 milliards de dinars algériens. Cette évaluation financière ne prend en compte que la valeur marchande des produits perdus (bois, liège, broussailles, alfa, arboriculture...), sans tenir compte des dépenses annuelles pour la lutte. De plus, il faut ajouter à cela une perte à long terme de la biodiversité et de l'équilibre des écosystèmes forestiers qui reste difficile à chiffrer (Arfa *et al.*, 2009). La prévention et la détection précoce constituent les seuls moyens de réduire le coût des dégâts causés.

Les écosystèmes à thuya sont menacés par différentes formes de dégradation dont les incendies constituent la cause la plus importante. Les formations qu'ils constituent connaissent actuellement une régression alarmante, malgré leur pouvoir de régénération exceptionnel par rejets de souche (TERRAS, 2008). Le thuya a été longtemps considéré comme une essence forestière sans grand intérêt ; les écologistes et les forestiers insistent actuellement sur la place éminente qu'elle joue dans la structuration des paysages végétaux du Maghreb, mais aussi sur sa valeur forestière et économique (QUEZEL & MEDAIL, 2003). Malheureusement, la tétraclinaie ne dispose ni d'inventaires forestiers, ni de plans d'aménagement, conduisant ainsi

Introduction général

ces peuplements au régime du taillis (OULAHACI, 2010). En matière de conduite des peuplements, les actions entreprises étaient et restent très limitées, en raison certainement de l'absence de données confirmées relatives à la sylviculture du thuya (KHALDI, 2010).

Notre travail s'inscrit sur la contribution à l'étude de la régénération poste incendies des formations forestières à *Tetraclinis Articulata* dans la commune de Tircine , Daira de Ouled Brahim ,wilaya de Saida.

Ce mémoire est réparti comme suit :

Chapitre 01 : les feux de forêts

Chapitre 02 : Synthèse bibliographique sur le thuya de berbérie

Chapitre 03 : présentation de la zone d'étude

Chapitre 04 : Partie expérimentale

Chapitre 05 : les aménagements post incendies

Chapitre :01

Les feux de forêt

• Introduction

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 forêt et étudie les facteurs qui influencent leur origine et leur développement (Trabaud, 1979).

Les incendies ou les feux de forêts sont des sinistre qui se déclarent dans une formation végétale, dominée par des arbres et des arbustes d'essences forestières , qu'il s'agisse des forêts méditerranéennes ou des forêts landaises les feux de forêts peuvent aussi se déclarer dans des formations sub forestières que sont les maquis (formation fermée et dense, poussant sur un sol siliceux) et la garrigue (formation plutôt ouverte, poussant sur un sol calcaire).

On parle d'incendie de forêt lorsque le feu concerne une surface minimale d'un hectare, d'un seul tenant et d'une largeur minimale de 25 mètres.

1. mécanisme du feu

L'incendie de forêt résulte d'une réaction chimique, la combustion. Il s'agit d'une réaction d'oxydation vive fortement exothermique, c'est-à-dire produisant de la chaleur, d'un comburant sur un combustible, en l'occurrence dans le cas des feux de forêts, de l'oxygène de l'air sur la végétation.

La combustion nécessite la présence de trois éléments : le combustible, le comburant et un apport initial d'énergie. Le processus se décompose en trois étapes : évaporation de l'eau contenue dans le combustible, émission de gaz inflammables par pyrolyse et enfin mise à feu. Le déclenchement de la combustion est assuré par une source d'énergie extérieure. Une partie de l'énergie libérée par la combustion est ensuite réabsorbée par le combustible pour entretenir la combustion. Dans le cas d'un incendie de forêt, l'énergie libérée est réabsorbée par la végétation située en avant du front de feu, ce qui entraîne la progression du feu. (FAO et Cemagref 2001).



Figure 1 : Triangle du feu (MEDD, 2002)

1. Le combustible

Il se répartit en quatre strates :

- Les ligneux hauts de plus de 2 m , essentiellement taillis feuillus et futaies résineuses (**C.E.M.A.G.R.E.F, 1989**), rarement à l'origine d'un feu, elle permet cependant la propagation des flammes lorsqu'elle est atteinte ; ce sont les feux de cimes. (**Sidi Mohamed**).
- Les ligneux bas de moins de 2 m (broussailles) , abondants en région méditerranéenne où ils constituent l'essentiel du maquis et de la garrigue. (**C.E.M.A.G.R.E.F, 1989**) d'inflammabilité moyenne, elle transmet rapidement le feu aux strates supérieures. (**ABDI Sidi Mohamed**)
- La strate herbacée : en fin de période de végétation , les parties aériennes desséchées constituent une couverture morte très inflammable. (**ABDI Sidi Mohamed**).
- La litière : souvent peu épaisse et discontinue (**C.E.M.A.G.R.E.F, 1989**), très inflammable, elle est à l'origine d'un grand nombre de départs de feux, difficiles à détecter, car se consumant lentement. (**ABDI Sidi Mohamed**).



Figure 2 : Les différentes strates du combustible (MEDD, 2002)

2. La teneur en eau

La condition sine qua non pour que la combustion ait lieu est l'évaporation préalable de l'eau du végétal, permettant par la suite l'émission de gaz inflammables. Ce mécanisme physique nécessite une quantité d'énergie très importante, car la chaleur latente de vaporisation de l'eau est élevée. Il en résulte que les végétaux riches en eau sont peu inflammables et peu combustibles.

La teneur en eau varie en fonction des espèces végétales, mais également en fonction de la phénologie, des conditions physiologiques des végétaux et des influences climatiques. **(FAO et Cemagref 2001)**.

3. La division du combustible

Plus un combustible est finement divisé, plus sa surface de contact avec l'air est importante : le mélange combustible comburant, plus intime, est alors plus inflammable. Les litières foisonnantes ou les herbes sèches

Sur pied brûlent beaucoup mieux que les litières très denses (aiguilles de résineux à couvert sombre). Les plantes à feuilles très fines et nombreuses (bruyères) brûlent mieux que les plantes à grosse feuilles coriaces (arbousiers). Lors du passage d'un front de flammes (qui dure environ 30 secondes), ce sont surtout les feuilles et les rameaux de moins de 3 millimètres de diamètres qui brûlent. Les rameaux plus importants peuvent ensuite brûler plus lentement, en arrière du front de feu, mais il est rare que des rameaux de plus de 8 millimètres de diamètre disparaissent totalement. **(C.E.M.A.G.R.E.F, 1989)**

4. Le flux de chaleur

La chaleur est la température à partir de laquelle les combustibles prennent feu. Cette température est appelée « point d'inflammation », elle est située entre 400 et 425 °C **(Rebai, 1983)**. Avec les combustibles forestiers, un apport extérieur de chaleur n'est nécessaire que pour amorcer le phénomène de combustion, une fois les matériaux en ignition, on observe un grand dégagement de chaleur et une forte température qui peut atteindre jusqu'à 1250 °C, température enregistrée à un mètre du sol **(Trabaud, 1979)**. **(Selon ABDI Sidi Mohamed)**.

Les calories produites en un point donné par la réaction chimique de combustion peuvent être transportées selon trois processus :

5. La conduction

Dans le bois, bon isolant, la conduction n'évacue les calories que très lentement et joue un rôle mineur dans la progression du feu. En revanche, le feu peut « couvrir » très longtemps (plusieurs jours) dans une grosse masse de combustible (vieilles souches, andains) et donner lieu à une « reprise » d'incendie ultérieure. **(C.E.M.A.G.R.E.F, 1989)**

6. Le rayonnement

La quantité d'énergie émise par rayonnement augmente rapidement avec la température de l'objet en ignition. Le flux de rayonnement, émis par une source ponctuelle et reçu par une

surface donnée, est inversement proportionnel au carré de la distance de cette surface à la source. Il diminue donc très rapidement avec la distance. Cependant un front de feu ne constitue pas une source ponctuelle, mais un « panneau radiant ». En pratique, le rayonnement est extrêmement intense à proximité immédiate du feu. A une distance égale à cinq ou dix fois la hauteur des flammes, il n'est plus très intense. C'est surtout le rayonnement à courte distance qui cause le dessèchement et l'élévation de température du combustible en avant du front de feu et assure la progression de celui-ci, à une vitesse qui reste toujours faible en l'absence de vent.

(C.E.M.A.G.R.E.F, 1989)

7. La convection

Elle évacue la majeure partie des calories (80% à 90%), sous forme de gaz brûlés et d'air chaud. Lorsque la colonne d'air chaud d'air chaud monte dans le ciel, les calories sont « perdues » pour d'incendies. En revanche, 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 front de feu, et accélère ainsi sa progression. Cette colonne de convection transporte des matières en ignition, des « brandons » (ex : rameau feuillés de l'année), qui peuvent retomber plusieurs centaines de mètres en avant du feu, et donner l'impression que celui-ci « saute ».

(C.E.M.A.G.R.E.F, 1989)

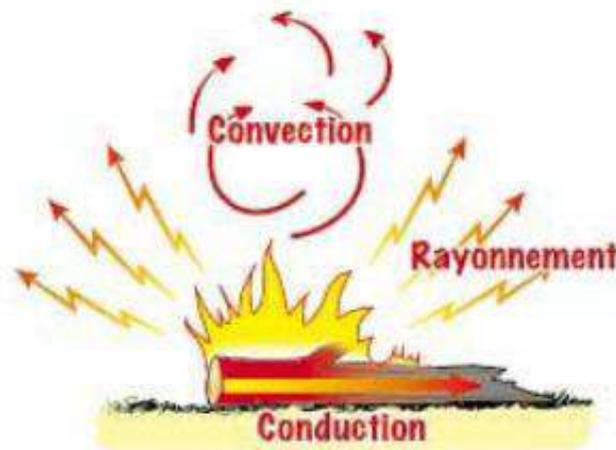


Figure 3 : les modes de transfert de la chaleur (FAO et Cemagref 2001)

8. Le comburant

Un comburant est le corps qui provoque et entretient la combustion du combustible. Le plus souvent, le comburant est constitué par l'oxygène présent dans l'air ambiant, la réaction de combustion est alors une oxydation (Carbonnell et al. 2004).

Dans le cas des feux de forêts, il s'agit de l'oxygène de l'air. La combustion dépend également fortement de cet élément, puisque, pour qu'une flamme se produise et s'entretienne, il faut que le pourcentage en volume d'oxygène restant présent dans l'air soit supérieur à 15,75 %. Pour que les braises se consomment, il faut qu'il soit supérieur à 10,5 % (**C.E.M.A.G.R.E.F, 1989**). Cet élément, qui est indispensable pour qu'il y ait combustion, est fourni par la réaction elle-même, c'est-à-dire, la combustion, car celle-ci produit son propre courant d'air ; ajouté à cela, le vent contribue très largement à l'approvisionnement en oxygène. (**Selon ABDI Sidi Mohamed**)

2. La propagation du feu

1) Mécanisme de propagation

La complexité des phénomènes qui donnent lieu et entretiennent un incendie réside dans le fait que de nombreux mécanismes physiques et chimiques sont couplés. Néanmoins, la connaissance des mécanismes expliquant la propagation d'un front de flammes est importante pour évaluer correctement certaines caractéristiques des feux susceptibles de se produire sur une zone sélectionnée d'un territoire (**Williams, 1982**). Pour cela, la végétation est envisagée comme un milieu combustible composé d'un ensemble de particules solides réparties dans l'air ambiant. Ces particules sont classées en familles présentant des propriétés physiques et chimiques similaires leur conférant un même comportement au feu (**Maritimo, 2013**). Par exemple, la taille caractéristique d'une particule permettra d'estimer la surface qu'elle expose à l'air ambiant par unité de son volume. Cette caractéristique, dénommée rapport surface-volume de la particule, est d'une grande importance lors de la propagation des incendies, car les échanges entre la particule et le gaz lui sont proportionnels (**Dupuy, 2000 ; Rigolot et Costa, 2000 ; Morvan et Dupuis, 2001**). Soit, un volume de végétation imbrûlée au voisinage d'un feu. Ce volume, est considéré de petite taille par rapport aux dimensions du front de feu. Ce dernier, est soumis aux transferts de chaleur provenant de l'incendie qui s'approche. Les transferts de chaleur qui influent sur la propagation d'un feu de forêt sont essentiellement de deux sortes : convectifs et radiatifs. Les transferts convectifs sont créés par le mouvement des gaz chauds qui vont entrer en contact avec la végétation imbrûlée et la réchauffer. Le mode radiatif est un transfert par onde électromagnétique et n'a donc pas besoin de matière pour être transporté. Une hypothèse communément admise est de poser que le rayonnement est prépondérant lorsque le feu est éloigné du volume de combustible. Les zones du front de feu qui créent ce rayonnement sont les flammes et les braises. Le volume de végétation soumis à ces transferts, monte tout d'abord en température. Lorsque l'eau contenue dans le combustible atteint environ 100°C, le végétal commence à se déshydrater. Cette quantité d'eau, contenue dans la

Chapitre 01 : Les feux de forêt

végétation joue un rôle majeur dans le mécanisme de propagation de l'incendie car elle absorbe la chaleur en provenance du feu. En effet, en s'évaporant elle crée un effet tampon qui retarde et peut même empêcher l'ignition du végétal (Simeoni, 2012). Une fois la particule sèche, la partie solide du combustible subit une pyrolyse (dégradation très rapide des solides à partir d'une température approximativement de 300°C). Cette pyrolyse a pour conséquence la libération de gaz. Une grande partie des gaz émis est inflammable et se mélange à l'oxygène contenu dans l'air. Ainsi, quand le feu est assez proche, le mélange gazeux s'enflamme et le feu est propagé. Le feu a donc lieu, dans un premier temps, en phase gazeuse. Les braises n'apparaissent que quand le volume de végétation a fini d'émettre des gaz et s'est complètement transformé en charbon. La combustion a lieu à la surface du végétal, ce qui a pour conséquence de le faire rougeoyer. Ces braises dégagent une grande quantité de chaleur par rayonnement et brûlent très lentement. Ce sont ces braises qui en arrière du front en présence de suffisamment d'oxygène, évolue vers un état de cendres (partie minérale du combustible). De plus, l'énergie libérée par la combustion de ces produits de pyrolyse va provoquer un échauffement des gaz (plus de 1200 K au dessus du foyer). Étant donné que leur densité est très inférieure à la densité de l'air ambiant, ces derniers sont mis en mouvement par les forces de flottabilité et ont donc un mouvement ascendant. Ce qui est appelé communément la flamme est la partie visible de ces gaz chauds. Simultanément, se produit une aspiration d'air dans le plan horizontal. Cet apport d'air dit « frais » constitue un apport d'oxygène qui est indispensable à la combustion au sein du foyer. Suite à la pyrolyse, des suies se forment dans le milieu gazeux. Ce sont ces dernières qui contribuent fortement au rayonnement de la flamme. Un feu se propage donc grâce à la conjonction de plusieurs facteurs : la présence de gaz inflammables, la présence d'oxygène et la présence d'une source de chaleur. (**Basilu MORETTI**)



Figure 4 : Schéma de propagation du feu.

Source:(CEMAGREF, 1994)

2.2 Facteurs influençant la propagation des incendies de forêts

Le comportement ou la propagation d'un incendie est régi par un certain nombre de facteurs dont les influences s'opposent ou s'additionnent. Parmi ces facteurs on note : les combustibles, les éléments atmosphériques et la topographie. **(Tir Elhadj)**

2.3. Les combustibles

Les combustibles interviennent dans la propagation des incendies par leur nature, leur grosseur, leur disposition, leur quantité, leur distribution, mais surtout par leur composition chimique ainsi que leur teneur en humidité. **.(Tir Elhadj)**

2.3.1. Teneur en eau

La présence d'humidité exerce une influence considérable sur l'inflammation et ensuite le développement des feux **(Trabaud, 1989)**. Chauffée jusqu'au point d'ébullition, l'eau est vaporisée avant que les combustibles atteignent leur température d'inflammation. Cette eau augmente la quantité de chaleur nécessaire à la pyrolyse et à l'inflammation et réduit la vitesse de la combustion. Si la teneur en eau des végétaux est faible, ils s'enflamment à des températures relativement basses. La température d'inflammation varie entre 260 °C et 450° C **(Jappiot et al., 2002)**. Alors qu'une humidité trop importante empêche la propagation du feu. Des études ont démontré que l'inflammation ne peut avoir lieu que si la teneur en eau est inférieure à 7 % **(Margerit, 1998)**.

2.3.2. Matière sèche

Les combustibles végétaux sont principalement composés de carbone. L'inflammabilité des espèces végétales varie selon leur teneur en essences volatiles où en résine. Chez certaines espèces, la présence de cire et de résine ralentirait leur vitesse de dessèchement et donc leur inflammation. Ainsi, plus un végétal est riche en minéraux, moins son pouvoir calorifique

théorique est élevé, moins il est combustible (Colin et al. 2001). (Selon ABDI-Sidi-Mohamed)

2.3.3. Composition chimique

L'inflammabilité des espèces végétales varie selon leur teneur en essences volatiles ou en résine. La présence de cire et de résine pour certaines espèces ralentirait leur vitesse de dessèchement et donc leur inflammation. Ainsi, plus un végétal est riche en minéraux, moins son pouvoir calorifique théorique est élevé, moins il est combustible (Colin et al., 2001). (Tir Elhadj)

2.4. Les facteurs atmosphériques

2.4.1. Les précipitations

Présentant un rôle prédominant dans la teneur en eau des végétaux, leur effet varie de façon significative en fonction de leur durée, de leur période, de leur quantité, ainsi que des types de combustibles. Seulement une petite quantité d'eau suffit pour ralentir l'inflammabilité des graminées. Il peut être rendu caduc par 2 ou 3 heures d'ensoleillement. En revanche, il faut de fortes pluies pour réduire l'inflammabilité de combustibles plus importants tels que les grosses branches tombées à terre. L'effet bénéfique de fortes précipitations hivernales peut ainsi être annulé pour un printemps et un été longs et secs (Khalid, 2008).

2.4.2. L'humidité relative

Les modifications que connaît la teneur en humidité relative, exercent des effets importants sur les matériaux combustibles. Si le contenu de l'air en humidité est élevé, les combustibles s'humidifient et deviennent difficilement inflammables. Par contre, si l'air est sec, le taux d'évaporation de l'humidité des combustibles sera plus élevé ce qui augmentera l'inflammabilité de la forêt. L'état hydrique des formations végétales qui constituent le couvert végétal, en relation avec le niveau des réserves en eau des sols, est évidemment le

premier facteur de risque pour les incendies de forêts sous l'angle de l'influence des facteurs climatiques (**Seguin, 1990**).

D'après **Margerit (1998)**, l'humidité relative influe sur l'inflammabilité des combustibles. Comme le présente le tableau suivant:

Tableau 01 : Influence du taux d'humidité sur l'inflammabilité

Humidité relative	(%) Inflammabilité
> 70	Peu de risque
46 – 70	Risque faible
26 – 45	Risque fort
< 25	Risque élevé

Source : (**Margerit, 1998**)

2.4.3 La température de l'air

La température ne peut être retenue comme critère de prévision des incendies. Elle pouvait être nettement inférieure à la normale certains jours d'incendies. La température en soi ne constitue pas d'élément important pouvant favoriser les incendies. C'est plutôt par son action sur le degré de sécheresse de l'air et du combustible qu'elle intervient. (**M. LAGARD, 1973**)

2.4.4. Le vent

Le vent joue un rôle majeur dans la propagation du feu. Il agit à plusieurs niveaux, en renouvelant l'oxygène de l'air, en réduisant l'angle entre les flammes et le sol et en favorisant le transport de particules incandescentes en avant du front de flammes. L'action du paramètre vent est d'une importance capitale sur la vitesse de propagation du feu. Celle-ci varie entre 1 cm/s et 167 cm/s, vitesse maximale enregistrée pour un feu (**Trabaud, 1979**).

Haroun Tazieff lui-même déclarait (cf. Paris-Match du 17 août 1989) : "Un incendie ne peut éclater qu'à deux conditions : que la forêt ne soit pas propre et qu'il y ait du vent".

2.4.5. La topographie

Selon **Hetier (1993)**, trois paramètres topographiques influencent les incendies de forêt :

- L'inclinaison des pentes Le pourcentage de la pente influence directement le comportement des incendies de forêt, puisqu'il amplifie l'effet de radiation et de convection. La vitesse de propagation du feu s'en trouve accrue. Des études expérimentales sur le comportement du feu ont montré que la vitesse de propagation double sur une pente de 10 à 15° et quadruple sur une pente de 20° (Arfa, 2008).
- L'exposition de la pente L'exposition de la pente affecte :
 - La quantité de chaleur recueillie par les combustibles en fonction de l'insolation ;
 - Les vents locaux ;
 - La quantité et le type de combustible.
- L'élévation du terrain L'élévation du terrain au dessus du niveau de la mer affecte le comportement des incendies de forêt en modifiant la météo et la végétation :
Modification de la météorologie avec l'altitude :
 - La température baisse ;
 - L'Humidité relative augmente ;
 - La vitesse du vent augmente. Modification de la végétation avec l'altitude :
 - Le type de végétation ;
 - Le taux d'humidité.

Un feu ascendant brûle d'autant plus rapidement que la pente est forte, car l'efficacité des transferts thermiques par rayonnement et convection est accrue, contrairement à un feu descendant dont sa vitesse est considérablement ralentie, mais leur risque qu'il saute d'une pente à l'autre est très important : on parle alors de " saute de feu ".

2.4.6. Le moment de la journée

Un incendie peut être déclaré à n'importe quels moments 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 4 périodes pendant lesquelles l'incendie peut augmenter ou diminuer d'intensité (Trabaud, 1979) quoi sont :

A- 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.

B- 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.

C- Dans la période de 4h00 à 9h00, le feu est calme. L'humidité relative est à son plus haut. C'est la période idéale pour combattre l'incendie, car le travail effectué est très efficace.

D- 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.

3. Principales caractéristiques d'un feu de forêt

Lors de la propagation d'un incendie certains paramètres géométriques sont utiles pour caractériser le front de flammes. Les principales caractéristiques sont : la hauteur de la flamme, la longueur de la flamme, l'angle d'inclinaison de la flamme et son épaisseur.

- Hauteur et longueur de la flamme : la hauteur de la flamme est la longueur du segment compris entre le sommet de la flamme et la projection orthogonale de ce dernier sur le haut du couvert végétal (Alexander, 1982). La longueur de la flamme peut être définie de plusieurs manières (Anderson et al., 2006), la plus communément utilisée est celle qui considère la distance entre le sommet visible de la flamme et la base du front de feu délimitant la zone brûlée et imbrulée de la végétation .

- Angle d'inclinaison : représente l'angle compris entre la verticale au sol et la droite passant

par le sommet de la flamme et la base de cette dernière.

- Épaisseur de la flamme : représente la distance entre l'arrière et l'avant du front de flammes.

Cette caractéristique n'est pas aisée à estimer pour de grands feux car cette zone n'est pas évidente à délimiter. .(**Basilu MORETTI**)

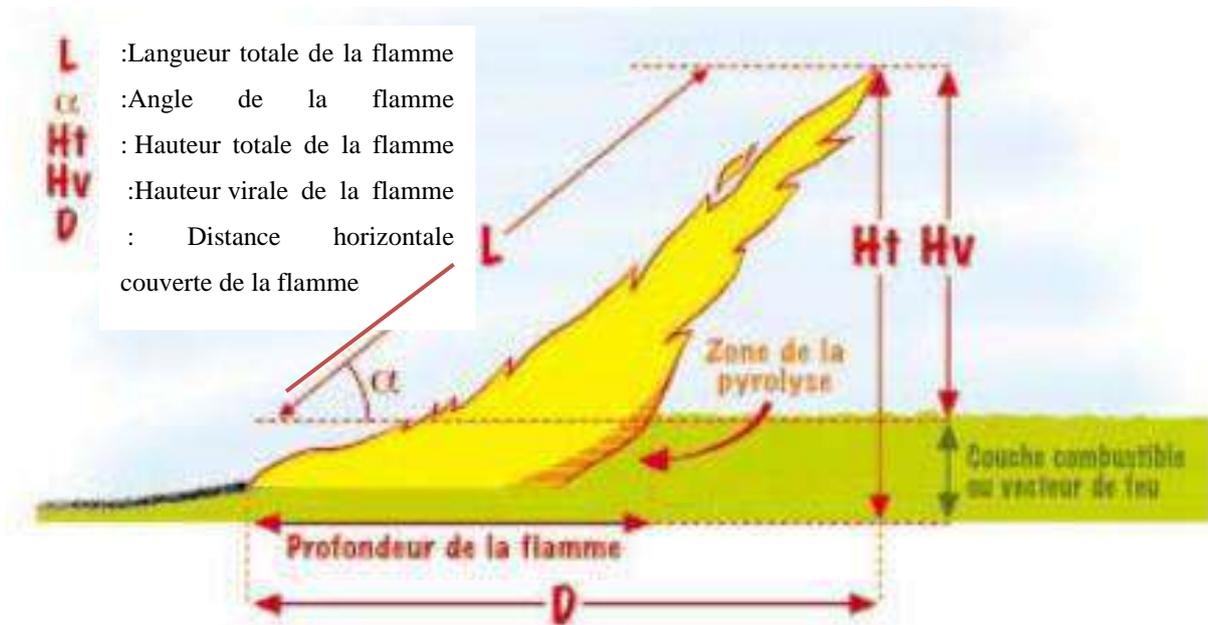


Figure 5 : Représentation schématique d'une flamme et de ses caractéristiques géométriques

D'autres grandeurs permettent de caractériser un incendie. Celles qui sont couramment utilisées sont : la vitesse de propagation du feu (« **Rate Of Spread : ROS** ») et l'intensité de ce dernier.

- Vitesse de propagation : cette vitesse définit la rapidité de propagation du feu et permet d'évaluer la distance parcourue par l'incendie pendant une durée donnée. Cette grandeur représente une moyenne du fait des changements continus des conditions météorologiques et topographiques dans le cas de feux de forêt. Ces valeurs sont comprises entre 1,5 m.h-1 et 20 km .h-1 pour des propagations dans des territoires dont la végétation est composée d'herbes (**Alexander, 2000**).

Intensité du feu : cette intensité définit l'énergie dégagée par un feu par unité de temps. Plusieurs méthodes peuvent être utilisées pour calculer cette grandeur (Byram, 1959 ; Rothermel, 1972). L'intensité de réaction est plus généralement utilisée (Salis, 2007), cette intensité estime l'énergie produite par unité de temps et ramenée à une unité de surface de la zone de flamme. Une autre grandeur est communément utilisée pour comparer des feux de forêt. Cette caractéristique est dénommée « Fireline intensity » et définit l'énergie dégagée par unité de temps et unité de longueur d'un front de flammes. Cette dernière est donc exprimée en W.m-1 et les valeurs relevées varient entre 10 kW.m-1 à 105 kW.m-1 (**Alexander, 2000**).

- Périmètre d'un feu de forêt : la projection au sol d'un front de flammes correspond à son

périmètre . La forme de ce périmètre dépend fortement de la topologie du terrain mais également des conditions météorologiques et peut être divisé en plusieurs parties (**Alexander, 2000**) : la tête du front de feu, l'arrière du front et les flancs. La partie correspondant à la tête du front de flammes est celle qui possède la vitesse de propagation la plus élevée tandis que la zone qui correspond à l'arrière du feu est celle qui dispose des vitesses de propagation les plus faibles. Les deux flancs sont les parties latérales parallèles à la direction principale de propagation de l'incendie. Les vitesses de ces zones sont comprises entre celle de la tête et celle de l'arrière du front de feu.(**Basiliu MORETTI**)

4) Les différents types de feu

Les feux de forêt peuvent se diviser suivant trois grandes catégories (Salis 2007) : feux de sol, feux de surface et feux de cimes. Le dernier type pouvant être subdivisé en trois sous-classes si la distinction est faite entre des propagations à travers les strates arbustives hautes liées à la strate basse et celles qui en sont indépendantes. Un autre type de feu peut également être identifié : les feux extrêmes. Pour finir, les « sautes » de feux sont des incendies particuliers qui peuvent jouer un rôle primordial dans l'évolution d'un feu dans certaines conditions. (**Basiliu MORETTI**).

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



Figure 6 : Types de feux de forêts (Margerit, 1998)

1- Les feux de sols

Ces feux se propagent à travers une matière organique morte (essentiellement des végétaux) formée par une accumulation sur une longue période de temps. Cette matière organique est enfouie dans le sol dans un milieu humide et pauvre en oxygène

(tourbière). Ces feux sont difficiles à éteindre et peuvent durer des mois ; même l'hiver sous une couche de neige. En raison d'une combustion incomplète, il s'agit souvent de feux qui produisent beaucoup de fumée et donnent ainsi lieu à des émissions importantes de monoxyde de carbone. (**Basiliu MORETTI**)

2- Les feux de surface

Dit aussi feux courants, se propageant 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.

3- Les feux de cime

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

4- Les feux de braises

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

5) 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) Forme des feux de forêts

La forme d'un feu de forêt varie en fonction de la direction et de l'intensité du vent, de la topographie et de la nature des combustibles. Sur un terrain plat, par temps calme et dans un peuplement homogène, le feu prend une forme circulaire et progresse dans toutes les directions. Dans les mêmes conditions de terrain et de végétation mais subissant l'action du vent, le feu prend la forme d'une ellipse allongée mais progresse dans la direction contraire d'où souffle le vent. Le feu prend une forme irrégulière en montagne et dans les pentes (Ammari, 2011). (**selon TIR Elhadj**).

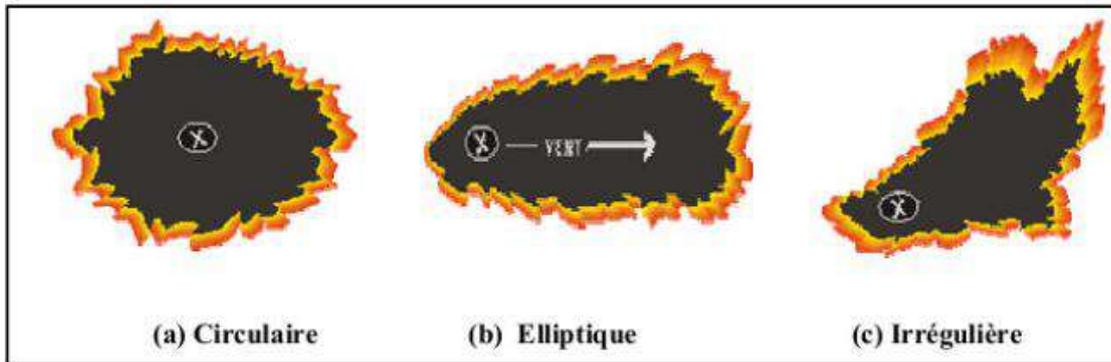


Figure 7 : Les différentes formes des feux de forêts (Ammari, 2011).

2) Différentes parties d'un feu de forêt

Selon **Ammari (2011)** les parties d'un feu de forêt sont les suivantes :

- **Bordure d'un feu** : elle désigne la ligne normalement irrégulière et jusqu'où le feu a brûlé à un moment donné.
- **Périmètre d'un feu** : il identifie la longueur de la bordure du feu.
- **Foyer** : masse de matière en complète ignition où se propage l'incendie.
- **Fumée** : située sur la bordure du feu ou à l'intérieur de celle-ci. Ce terme est utilisé pour désigner tout foyer qui n'a pas été éteint et qui produit de la fumée.
- **Tête** : partie de la bordure d'un incendie où la vitesse de propagation est la plus grande. La tête ou front est toujours située du côté opposé à la direction d'où souffle le vent.
- **Arrière** : partie de la bordure d'un incendie qui est exposée au côté où la propagation du feu est la plus rapide. Le feu s'y développe lentement et avec plus d'intensité.
- **Flancs** : parties de la bordure d'un incendie situées entre la tête et l'arrière. On les appelle aussi côtés de l'incendie. On regarde vers la tête de l'incendie, on peut distinguer le flanc gauche et le flanc droit.
- **Doigts** : parties de la bordure de l'incendie qui se développent en langues de feu longues et étroites, s'avancant en saillie du corps principal.
- **Baies** : parties de la bordure d'un incendie qui se développent plus lentement à cause de la présence de combustibles ou de pentes défavorables.
- **Feu disséminé** : feu allumé à l'extrémité de la bordure du foyer principal d'un incendie par des étincelles ou tisons transportées par le vent ou les courants d'air. (**selon TIR Elhadj**).

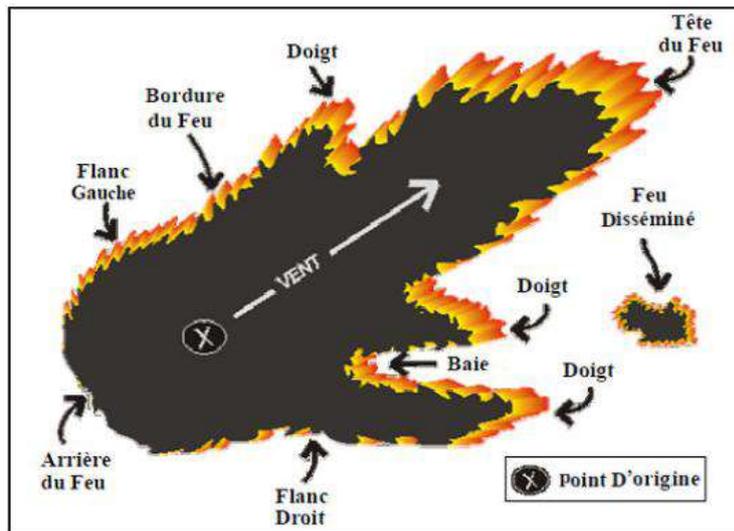


Figure 8 : Différentes parties d'un feu de forêt (Ammari, 2011).

5 .L'origine des incendies

Avant de diriger son ordonnance, le médecin commence par examiner le patient. La logique est simple : trouver la maladie avant de prescrire les remèdes.

En matière d'incendie de forêts, les choses se compliquent depuis que la forêt brûle, la très grande majorité des feux sont d'origine inconnue. Du officiellement moins.

A) Causes naturelles

L'inflammation spontanée de la végétation étant improbable, l'unique cause naturelle des incendies de forêt est la foudre. (Bernier A Y, 1985)

Réel danger en régions boréales (orages « secs »), la foudre reste une cause peu probable (2 à 3% des cas) en pays méditerranéens.

Seul moyen de diminuer les risques : la protection des installations situées en forêt et susceptibles de l'attirer tels que pylônes, lignes électriques... (Selon Jean de Montgolfier 1989).

B) Causes humaines

- Causes humaines involontaires

Imprudences et accidents dus à des défauts de fonctionnement d'équipements sont les causes les plus fréquentes des incendies de forêt.

- **Les imprudences**

Elles résultent de négligence par rapport aux risques d'incendie, et sont corrélées à l'importance de la fréquentation des forêts ou de leurs abords immédiats. La nature des imprudences dépend des activités en forêt et aux abords immédiats. La répartition des causes pour chaque pays est très variable : - Pour les pays où l'économie est basée sur l'agriculture et où la pression de la population rurale est forte, les travaux agricoles et forestiers représentent une des causes les plus importantes (Ex : jusqu'à 65 % en Syrie). Les départs de feux se situent alors très souvent en bordure de forêt. L'interdiction estivale de toute pénétration en forêt est, bien sûr, efficace mais le public comprendra-t-il qu'il faille conserver une forêt qu'il ne peut utiliser ? (**Selon Jean de Montgolfier 1989**).

Les imprudences liées à l'habitation : barbecues, incinération de déchets, jeux des enfants avec des allumettes ou des pétards, voici autant de causes qui relèvent des imprudences d'une population composée en partie de néo-ruraux, plus sensible que la précédente aux messages des médias. La sensibilisation directe (patrouilles) est sans doute la plus efficace. L'obligation de débroussailler autour des maisons contribue fortement à diminuer la risque.

C) Les accidents

- **Accidents liés à la circulation**

Les escarbilles échappées des foyers de locomotive, causes d'incendies autrefois très fréquentes ne sont pas plus craindre ; en revanche, les particules incandescentes arrachées par le frottement de sabots de frein mal desserrés le long des voies ferrées, celles issues des pots d'échappement (notamment des gros moteurs diesels) le long des voies de circulation routière et, désormais un peu partout, les échappements des motos « vertes », constituent des risques manifestes. Comme à ces risques s'ajoutent ceux dus aux jets de mégots mal éteints, il convient d'interdire la circulation en forêt des véhicules à des moteurs en période dangereuse.

Accidents liés aux lignes électriques :

Des arcs électriques peuvent apparaître lorsque des lignes sont agitées par le vent, et enflammer la végétation. La prévention consiste à respecter les règles de distance minimale entre la végétation et les câbles conducteurs. Il serait encore plus efficace d'éviter de faire passer des lignes électriques dans des zones très sensibles au feu. En effet, elles constituent un danger

redoutable pour les avions bombardiers d'eau qui, en cas d'incendie, ne peuvent pas évoluer à une altitude suffisamment basse pour effectuer leurs largages dans de bonnes conditions en raison du danger d'électrocution par l'intermédiaire du jet. De même, les pompiers au sol ne peuvent pas employer l'eau pour lutter contre un incendie sous une ligne électrique que s'ils ont la preuve que le courant est coupé. Il ne faut donc pas installer d'équipements PFCI sous les lignes électriques. (Bernier A Y, 1985).

- **Accidents liés aux dépôts d'ordure**

Les incendies partis de dépôts d'ordures officiels, lorsqu'ils sont mal contrôlés, aussi bien que des dépôts clandestins, restent nombreux. Or, leur prévention est relative aisée il convient d'entourer la zone de dépôt d'un grillage suffisamment fin (maille de 2 cm) et élevé (3 à 4 mètres) pour empêcher l'envol de papiers enflammés. A l'extérieur du grillage, et sur quelques mètres (2 à 4), le sol sera maintenu rigoureusement propre pour empêcher un feu courant de sortir de l'enceinte. Les règles usuelles de débroussaillage seront appliquées autour de l'ensemble (sur 50 à 100 mètres de largeur), comme autour de toute installation située dans une végétation sensible au feu. Une piste de ceinture permettra aux véhicules de lutte de prendre position pour éteindre un feu qui s'étendrait. L'installation, à proximité d'une borne d'incendie ou d'une citerne est également recommandée. Quand au dépôt légal lui-même, il devra être géré selon les normes habituels épandages réguliers de couches de terre et incinérations contrôlées. (Bernier A Y et Amouric H, 1985)

- **Le feu pastoral**

A déprise agricole a, depuis quelques décennies, favorisé cette pratique dangereuse. L'abandon, sur des terres marginales, des méthodes culturales traditionnelles (assolements céréales-jachères pâturées, parcours intensifs) provoque une multiplication des friches et des hermès (anciennes terres agricoles abandonnées), recolonisées par la végétation ligneuse. Vitesse et modalités, de cette reconquête naturelle dépendent des facteurs écologiques et des antécédents cultureux. La seule activité agricole qui reste rémunératrice sur ces terres marginales est un élevage de plus en plus extensif. Pour que le paysage reste suffisamment ouvert et que les animaux puissent y retrouver leur nourriture (graminées et légumineuses principalement), il faut détruire périodiquement les végétations ligneuse envahissante. Le feu est, de loin, la méthode la moins coûteuse pour y parvenir. Or, il existe des techniques d'amélioration pastorale modernes pour arriver au même résultat : broyage de la végétation, apport d'engrais, conduite intensive du pâturage...les résultats sont très intéressants, voire spectaculaires. Mais, ces techniques

demandent une intensification de la main-d'œuvre et du capital que tous les éleveurs ne sont pas en mesure d'affronter. Et beaucoup d'éleveurs ne disposent pas du foncier de manière pérenne, mais seulement à la suite d'accords oraux, ou de ventes d'herbe sur pied précaires. Ils ne sont pas disposés à investir dans l'amélioration des parcours et ont recours au feu pastoral en dépit des efforts de diffusion des techniques nouvelles d'amélioration pastorale. Interdire la pratique des feux pastoraux est souvent inopérant et peut même aggraver la situation si les éleveurs sont conduits à mettre le feu dans des conditions de risque aggravé. Une prévention efficace peut être recherchée du côté des « brûlages dirigés ». Il s'agit au cas par cas de délimiter préalablement le terrain à brûler, puis de faire surveiller attentivement l'opération de brûlage. Malgré des obstacles d'ordre foncier (l'éleveur n'a souvent qu'un accord tacite du propriétaire du terrain qu'il utilise), d'ordre psychologique (positions de principe contre le feu ou crainte du « mauvais exemple »), ou d'ordre juridique (qui est responsable au cas où le feu « échappe » néanmoins ?), la présentation a fait, en ce domaine, des progrès considérables dans certaines régions. La généralisation des améliorations pastorales reste, évidemment, de loin préférable à l'instauration des brûlages dirigés. Cependant dans de nombreux cas, ceux-ci constituent le meilleur compromis entre le souhaitable et le réalisable. (**Amouric H, Bernier A Y, 1985**)

- **Causes humaines volontaires**

Variable selon les pays : 3 % en Tunisie, 30 % en Grèce, 53 % en Sardaigne (Italie) et jusqu'à 67 % en Espagne. Cependant, ces chiffres dépendent de la façon dont sont classées les origines des incendies. Ainsi, le brûlage de rémanent à proximité des forêts est parfois classé en cause volontaire.

- **La pyromanie**

Certains individus mettent le feu par plaisir ou par jeu, pour être reconnus, pour voir les engins de lutte en action... Cette pyromanie est plus ou moins malade, selon le degré de responsabilité de l'individu. Cette cause reste cependant limitée, même si on a souvent tendance, en cas d'incertitude sur l'origine d'un feu, à l'attribuer à un pyromane.

- **La vengeance**

Le feu peut être un outil de vengeance suite à un différend avec l'administration (chasseurs) ou avec un voisin, à une exclusion sociale (ouvriers licenciés), à une expropriation...

- **Quand la forêt devient un enjeu**

Enjeu politique : dans les pays marqués par une instabilité politique, la forêt peut être utilisée comme outil de revendication et, à ce titre, être l'objet d'incendies volontaires.

Enjeu économique : les incendies criminels peuvent apporter un gain matériel direct (amélioration des pâturages, exploitation du bois...) ou indirect par appropriation foncière. Ces actes à motivation criminelle sont donc d'autant plus fréquents que le cadre législatif est mal défini (absence de cadastre ou de bornage en forêt, répression quasi inexistante).

Enjeu social : il s'agit là d'un cas très particulier, spécifique de l'Italie, et surtout de la Sardaigne. Les incendies criminels sont très fréquents, tout particulièrement dans les zones présentant un taux de chômage élevé. Mettre le feu à la forêt peut être le moyen de créer de nouveaux emplois (surveillance, lutte, réhabilitation de terrains brûlés...). On parle "d'industrie du feu".

6) Recherche des causes

- **Déduction à partir du contexte du feu**

L'analyse de l'occurrence des feux en relation avec le contexte socio-économique peut aider à mieux identifier les causes des incendies. Les informations relatives à un incendie (époque de l'année, lieu...) peuvent permettre de préciser le contexte de l'éclosion et donc de déterminer son origine. Cette méthode est simple mais risque de donner parfois des résultats subjectifs.

- **Enquête après incendie**

Suite à un incendie, une enquête peut être menée pour déterminer l'origine du feu. Cette investigation a l'avantage d'être plus poussée que la simple déduction lors de la collecte d'informations sur le feu. Néanmoins, elle reste difficile, l'absence de preuves matérielles ne permettant pas toujours de conclure sur les véritables causes. Ainsi, de nombreuses enquêtes n'aboutissent pas et les causes demeurent inconnues.

- **Méthodes originales**

La recherche des causes des incendies est une phase difficile, qui n'aboutit pas toujours par l'intermédiaire d'une enquête classique. Des méthodes originales sont utilisées depuis quelques années, mais elles nécessitent à la fois beaucoup de temps et un savoir-faire. La mise en œuvre de ces méthodes est confiée à des groupes spécialisés dans la recherche des causes, dont les membres, spécialement formés, se consacrent à temps plein à cette tâche.

Trouver la cause d'un incendie de forêt nécessite trois étapes :

- Localisation du point d'éclosion.
- Démonstration du mécanisme d'éclosion.
- Explication de la propagation du feu à la forêt.

Une coopération pluridisciplinaire entre différents services (services forestiers, organismes de lutte, police, gendarmerie, justice) améliore beaucoup l'efficacité de la recherche des causes d'incendie.

Cette méthode, originaire des États-Unis, est utilisée en Espagne et au Portugal.

- **Principe**

La méthode se décompose en 3 phases successives :

- Localisation du point d'éclosion par reconstitution de l'évolution des contours du feu. Les traces, appelées indices physiques, laissées par le feu sur les pierres, les troncs, les poteaux, la végétation.... sont analysées.
- A l'emplacement du foyer initial, analyse plus approfondie pour identifier la source de chaleur qui est à l'origine de la mise à feu.
- Identification de la cause et de l'auteur de l'incendie, en se fondant sur les preuves matérielles et les déclarations des témoins.

- **Reconstitution du feu et localisation du point de départ**

L'utilisation de modèles théoriques de propagation permet de reconstituer l'évolution des contours de feu et de situer approximativement la zone de départ. Les indices physiques permettent d'établir des vecteurs de direction et de sens de progression du feu et ainsi de préciser une aire d'origine de l'incendie.

Les types d'indice laissés par l'incendie sont nombreux et chacun d'entre eux donne des renseignements sur une ou plusieurs caractéristiques du feu : direction de propagation, vitesse de propagation ou chaleur dégagée. Deux exemples sont présentés ici.

- **Modèles de carbonisation**

Ce sont les traces laissées par le feu sur les troncs des arbres. Leurs formes varient en fonction de la direction de propagation du feu et de la direction du vent. - Lorsque le feu débute, il se développe par radiation et les arbres entourant le point d'éclosion présentent une carbonisation de même hauteur. S'il y a du vent, les flammes s'inclinent et marquent plus les arbres situés du côté où elles sont dirigées.

- Lorsque le feu prend de l'importance, le transfert de chaleur est dû aux radiations mais aussi à la convection. Les marques de carbonisation sont en forme de fuseau, la pointe dirigée vers le haut et sont plus marquées du côté protégé du vent, c'est-à-dire sous le vent.

- **Pétrification des rameaux**

Sous l'effet des courants chauds de convection poussés par le vent, les rameaux fins des arbres et des broussailles prennent puis conservent un port en drapeau dirigé dans le sens de propagation du feu. Cette pétrification est d'autant plus marquée que le feu avançait rapidement.

A proximité du point d'éclosion, le feu affecte plus les rameaux proches de la source de chaleur qui sont alors dirigés vers le sol après le passage des flammes. On observe des marques de radiation sur les parties basses des rameaux.

- **Identification de la source de chaleur**

L'aire d'origine est validée à l'aide des témoignages des personnels de lutte. Elle est ensuite délimitée par un ruban signalétique et découpée en bandes de 50 centimètres de largeur, matérialisées à l'aide de pieux et de cordelettes. Chaque bande est analysée en détail afin de rechercher le moyen d'ignition.

- **Identification de la cause de l'incendie**

Une cause possible de l'incendie est établie en confrontant les éléments rassemblés par l'enquête à des faisceaux d'indicateurs prédéfinis. Le faisceau présenté ci-dessous correspond à un feu dû à l'activité récréative en forêt. - Point d'ignition situé à l'ombre des arbres. - Lieu très fréquenté.

- Existence de zones débroussaillées.
- Traces de pneus.
- Mégots de cigarettes.
- Restes de nourriture.
- Files de fourmis.
- Restes de feu pour la cuisson, parfois entourés de protection en pierres.
- Présence d'une grille ou d'une broche.
- Départ du feu à la tombée du jour.

Parallèlement, une enquête auprès des témoins recueille les informations sur :

- Le nombre et la description des personnes présentes au départ du feu.
- La description et l'immatriculation des véhicules de passage ou stationnés.
- Toutes les observations en relation avec l'incendie.

Les circonstances à l'origine de l'incendie sont obtenues en confrontant les résultats de l'enquête matérielle et les témoignages.

La méthode des évidences physiques ne permet pas de connaître les causes de tous les incendies. Elle permet cependant d'enquêter, de façon exhaustive, sur chaque feu d'un échantillon représentatif de la population totale des feux. Lorsque cet échantillon significatif a été obtenu, il est possible d'extrapoler les résultats en évaluant les tendances générales indicatrices des principaux groupes de cause.

7) Conséquences des incendies

Sous la pression médiatique, les incendies sont souvent assimilés à des catastrophes écologiques. Si les « nuisances » liées au passage du feu sont bien réelles pour l'homme

(destruction brutale du paysage, menace pour la sécurité des personnes, dommages aux biens,...), l'impact sur la nature est beaucoup moins évident. Toutes les recherches conduites sur la cicatrisation puis la reconstitution des écosystèmes montrent au contraire qu'en région méditerranéenne, les impacts sur les écosystèmes sont en général assez faibles. (**Selon Daniel ALEXANDRIAN**).

1) Impact du feu sur le peuplement

Le passage d'un feu se traduit par l'altération plus ou moins poussée d'organes vitaux du végétal, au niveau du feuillage, du tronc et des racines. Il en découle une perte de vigueur de l'arbre pouvant entraîner sa mort. Le degré d'altération est fonction de la combinaison des dégâts sur les différentes parties de l'arbre (feuillage, tronc, racines), résultant de la nature du feu (feu de surface, feu de cime) et de l'intensité de ce dernier, ainsi que de la sensibilité au feu de l'espèce. Un feu rapide provoque beaucoup moins de dommages qu'un feu lent (Colin et al., 2001). L'altération des organes vitaux entraîne l'affaiblissement de l'arbre, dont ce dernier est devenu plus sensible aux attaques parasitaires ou fongiques. Les peuplements brûlés peuvent alors devenir des foyers potentiels de contagion de la végétation voisine.

2) Impact du feu sur l'environnement

2.1) Actions sur les écosystèmes forestiers

Denis et al (2001) ont signalé que l'une des pires conséquences écologiques 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 d'insectes qui perturbent l'équilibre écologique.

2.2) L'impact sur le sol

2.2.A) Effet sur la stabilité en eau des agrégats du sol

La stabilité en eau des agrégats du sol augmente de manière continue avec la température. Cela peut être due à l'agrégation de fines fractions du sol en des fractions de plus grosses tailles (Molina & Llinares 1998) comme expliqué dans le paragraphe précédent. Une plus

forte augmentation a cependant lieu entre 220 et 460°C, lorsqu'il y a transformation des fers et des oxydes d'aluminium. On peut alors considérer que le sol subit une latéralisation (formation d'un sol constitué de latérite, qui est une roche rouge friable formée en milieu chaud et humide par l'altération d'un sol ferrallitique).

2.2.B) Effet sur la porosité

L'effet sur la porosité (propriété d'un corps qui présente des interstices entre ses molécules) est différent selon les types de sols : - Pour un sol argileux, la porosité augmente continuellement jusqu'à 460°C puis diminue brusquement du fait de la perte des groupes fonctionnels OH des argiles entre 460 et 700°C et de la décomposition des carbonates entre 700 et 900°C (Giovannini & Lucchesi 1984). - Pour un sol sableux, la porosité diminue continuellement, et de manière plus prononcée dans l'intervalle 170-220°C (Giovannini & Lucchesi 1984). .

2.2.C) Impact sur les nutriments du sol

En brûlant la végétation et la litière qui recouvre le sol, le feu provoque des pertes en nutriments dans l'atmosphère et apporte au sol des cendres riches en éléments minéralisés. Il agit également directement sur le sol en l'échauffant. L'impact du feu est hétérogène, non seulement entre feux agissant sur des écosystèmes différents, mais également dans l'espace et dans le temps au cours d'un même feu. C'est une des raisons pour lesquelles on trouve des résultats différents, voire contradictoires, dans l'abondante littérature concernant l'impact du feu sur les sols et leur fertilité. S'il y a globalement des pertes en nutriments pour l'écosystème forestier, il y a simultanément enrichissement du sol avec l'apport de cendres provenant de la combustion de la végétation et de la litière. Les nutriments contenus dans les cendres déposées sur le sol sont très vulnérables aux pertes par érosion (vent ou ruissellement) et par drainage dans les couches profondes, au delà des systèmes racinaires. (**Daniel ALEXANDRIAN**).

2.2.D) Cicatrisation et reconstitution du sol

Les pertes en éléments minéraux au cours d'un feu sont généralement faibles si on les compare aux quantités stockées dans le sol et dans la biomasse aérienne qui ne brûle pas, mais tous ces éléments ne sont pas également mobilisables. Or les feux affectent plus spécialement le pool des éléments les plus mobiles de l'écosystème forestier, ceux qui sont recyclés dans la litière pour être remis à la disposition de la végétation. Les études des effets à long terme d'un

incendie sur le capital d'éléments minéraux du sol montrent que les conséquences sont plus de caractère fonctionnel que quantitatif.

D'après plusieurs études réalisées après des incendies de forêt, les caractéristiques des sols et leur teneur en matière organique et en azote étaient reconstituées au bout de 2 ans. Cependant, d'autres études montrent au contraire que les effets d'un incendie sur la biomasse microbienne et la matière organique d'un sol d'une forêt de pin d'Alep sont mesurables pendant plus de 10 ans. A long terme, les pertes dues aux feux peuvent être compensées par de nombreux mécanismes: apports atmosphériques, minéralisation et mobilisation des réserves organiques résistantes du sol et, pour l'azote, fixation symbiotique et non symbiotique. **(Daniel ALEXANDRIAN)**.

2.2.E) l'érosion

De nombreux auteurs ont observé et mesuré des augmentations des taux d'érosion des sols après des incendies de forêt. En effet, la réduction des différentes strates végétales qui ralentissent l'arrivée d'eau au sol et le protègent de l'impact direct des gouttes de pluie, et la modification des caractéristiques physico-chimiques des sols, entraînent une diminution des propriétés d'infiltration du sol. Ceci favorise le ruissellement qui entraîne les débris incomplètement brûlés et les cendres laissées par le feu et même, dans les cas les plus sévères, les couches superficielles du sol. L'érosion est d'autant plus forte que les feux sont sévères et que les sols sont de nature fragile, mais elle dépend également de nombreux facteurs locaux comme la pente ou la végétation. Différentes études en région méditerranéenne française ont montré que l'érosion avait surtout lieu au cours des grandes pluies d'automne après un incendie d'été, et qu'elle n'était plus perceptible ensuite au cours des pluies du printemps suivant.

Par ailleurs, les aménagements forestiers réalisés après un incendie ne sont pas sans incidence sur l'érosion. Il semble conseillé d'attendre, avant d'abattre les arbres endommagés par le feu, que toutes les feuilles ou aiguilles roussies soient tombées au sol ; il faut en outre étaler sur le sol les branches des arbres coupés pour le protéger de l'érosion pendant la période sensible des premières semaines après les incendies. L'abattage des arbres, suivi du travail du sol et de l'installation de plants, pouvait par contre être défavorable et multiplier les taux d'érosion, ceux-ci étant beaucoup plus faibles lorsqu'on laisse la végétation se réinstaller spontanément, même si on abat les arbres endommagés. **(Daniel ALEXANDRIAN)**.

2.2.F) L'impact sur la microfaune et la microflore

Les animaux du sol et la microflore sont les moteurs du fonctionnement du sol. Ils sont obligatoirement touchés par le passage d'un incendie, au moins ceux des couches superficielles du sol. En règle générale, il est admis que l'activité des microorganismes est stimulée après les feux, en raison de l'augmentation du pH du sol dû à l'incorporation des cendres, à l'enrichissement du sol en matières organiques facilement minéralisables et aux modifications des conditions microclimatiques. Cette stimulation de l'activité des microorganismes, qui immobilisent les éléments minéraux libérés par le feu, est avec la reprise de la végétation un des mécanismes majeurs de conservation des nutriments après les feux. **(Daniel ALEXANDRIAN).**

3. 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'hommes, notamment parmi les combattants du feu. Les incendies mettent aussi en danger la vie des habitants, en détruisant des habitations. C'est le cas surtout lorsqu'elles n'ont pas fait l'objet d'une protection particulière, soit au niveau de la construction elle-même, soit au niveau de la végétation environnante. Les lieux très fréquentés sont menacés par les incendies de forêt, qu'il s'agisse de zones d'activités, de zones urbaines, de zones de tourisme et de loisirs ou de zones agricoles. Ces divers lieux présentent une vulnérabilité variable selon l'heure de la journée et la période de l'année. Des équipements divers tels que les poteaux électriques et téléphoniques, les clôtures, les panneaux, sont aussi endommagés ou détruits par le feu. Les réseaux de communication sont coupés, engendrant des perturbations économiques et sociales importantes . **(Selon ABDI-Sidi-Mohamed)**

8) Risques incendies de forêt en Algérie

Les incendies de forêts sont une véritable calamité pour l'équilibre du milieu en Algérie. Nos forêts caractérisées par leur extrême pyrophylité, accentuée par la nature xérothermique du climat méditerranéen, sont des écosystèmes très fragiles et le feu constitue l'un de leurs plus grands ennemis **(Benabdeli, 1996).**

Parmi les incendies déclarés entre 1980 et 2012, seuls 7.193 sont d'origine connue, soit 20,03%, dont 6.200 d'origine volontaire. Par contre, 79,97% 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.

9) La prise en compte du risque

1- L'estimation du risque

Elle se fait en utilisant deux notions :

* **Le risque moyen annuel "RMA"**: C'est, à l'échelle d'une parcelle boisée, probabilité pour que cette parcelle soit incendiée en cours d'année. Il exprime en pourcentage. Un RMA de 1% implique ; pour une parcelle, une probabilité de 1 sur 100 de brûler dans l'année. Autrement dit, elle brûlera, en moyenne, une fois tous les 100 ans. Dans un massif boisé de 100.000 ha présentant un RMA de 1%, on peut prévoir qu'en moyenne 1.000 ha brûlent chaque année. On peut s'appuyer sur RMA pour déterminer une nature et une densité d'équipements proportionnées à intensité du risque, et pour fixer un ordre de priorité des réalisations. (Delabreze, P, 1984).(Selon C.E.R.M.G.R.E.F 1989)

* **Le risque moyen journalier "RMJ"** : il traduit la probabilité de voir éclore les incendies dangereux, un jour donné, à l'intérieur d'une petite région déterminée. Il dépend des conditions météorologiques estimées au jour de jour. On peut le définir au niveau de la parcelle, mais il est surtout utile au niveau du secteur d'intervention d'une unité de lutte. Il sert à décider d'une mise en alerte préventive, puis de la masse des moyens d'intervention proportionnée au danger. (Selon C.E.R.M.G.R.E.F 1989)

2- La mesure du risque

Tableau 02: l'estimation du risque en région méditerranéenne

RMA	Risque	Délai moyen entre deux incendies
0 - 0,25	Extrêmement faible	Supérieur à 400 ans
0,25 - 0,50	Très faible	200 - 400 ans
0.50 - 1 %	Faible	100 -200 ans

Chapitre 01 : Les feux de forêt

1 - 2 %	Moyen	50-100 ans
2 -4 %	Elevé	25 - 50 ans
4 - 8 %	Très élevé	12-25 ans
Supérieur à 8 %	Exceptionnellement élevé	Inférieure 12 ans

Source : C.E.R.M.G.R.E.F 1989

Sur les 1.5 millions d'hectares de la zone la plus menacée des départements méditerranéens, il brûle en moyenne annuellement 30.000 ha (RMA 2 % Délai moyen entre deux incendies en même endroit : 50 ans).

La notion de risque moyen doit être considérée avec prudence, car le risque varie beaucoup d'un endroit à un autre (selon la topographie, l'exposition et la composition de la végétation) et d'une année à l'autre ; elle permet de situer des ordres de grandeur et de déterminer des priorités.

Il existe plusieurs méthodes d'évaluation du niveau de risque d'incendie, qu'il est

recommandé d'employer de manière complémentaire pour en comparer les résultats. Ne pas oublier de tenir compte des spécificités locales, notamment à propos des causes de mise à feu. **(Selon C.E.R.M.G.R.E.F 1989)**

2-1-L'évaluation statistique

Elle peut se faire à partir des données de la banque de données statistiques « Prométhée » tenue par le centre de traitement de l'information de la préfecture des bouches -dû-Rhône. Depuis 1972, des caractéristiques de tous les incendies - dont leur superficie - y sont enregistrées. En dépit de quelques lacunes, c'est une base sérieuse pour évaluer le risque. Les surfaces incendiées sont localisées de manière peu précise, car rapportées à la commune où c'est produit l'origine du feu ; cette imprécision n'est pas gênante lorsqu'on veut évaluer le risque relatif à un massif forestier qui s'étend, en général, sur le territoire de plusieurs communes. **(Selon C.E.R.M.G.R.E.F 1989)**

Méthode :

1. Dresser la liste des communes du massif concerné.

2. Interroger la base « Prométhée » pour connaître la surface totale incendiée (STI) au cours de « N » années.
3. Evaluer la surface combustible du massif (SCM) : elle comprend forêts garrigues, landes et maquis.).
4. Calculer la surface moyenne incendiée : $SMA = STI / N$ et le risque moyen annuel : $RMA = 100 \times SMA / SCM$. (Selon C.E.R.M.G.R.E.F 1989)

2-2-L' évaluation à partir de la végétation

On décrit le comportement de la végétation vis-à-vis du feu par :

- **L'inflammabilité** qui caractérise la plus ou moins grande facilité d'une espèce donnée à s'enflammer sous l'effet d'un échauffement. Elle varie considérablement en fonction de la saison et de l'état phénologique de la plante. Le risque d'éclosion d'un incendie et sa vitesse initiale de développement lui sont directement liés. (Selon C.E.R.M.G.R.E.F 1989)
- **La combustibilité** qui caractérise la plus ou moins grande intensité du feu dans une formation végétale donnée. Elle aussi dépend de la saison. Le risque d'extension de l'incendie est lié à la combustibilité.

Ces deux caractéristiques peuvent être utilisées pour évaluer le niveau de risque. L'inflammabilité est surtout utile pour déterminer le risque moyen journalier d'incendie et décider, en conséquence, des moyens à mobiliser en alerte préventive. La combustion, fondée sur l'analyse de la structure et de la composition de la végétation, permet d'évaluer le risque à un niveau beaucoup plus fin que ce que permettent les statistiques. D'où l'intérêt d'une évaluation à partir de la végétation, pour établir les priorités dans les équipements PFCI. (Selon C.E.R.M.G.R.E.F 1989)

3- Inflammabilité et combustibilité

Ces deux notions caractérisent le risque que présente la végétation vis-à-vis du feu.

3-1-L' Inflammabilité

Elle qualifie la facilité avec laquelle les éléments fins d'une espèce végétale donnée prennent feu. On la mesure de façon conventionnelle, avec un « Epéradiateur ». Celui-ci se compose d'une résistance électrique, fournissant un flux calorifique constant, noyée dans un bloc de

silice, lui-même inclus dans une coupelle de céramique. Un échantillon normalisé d'un gramme du matériel végétal, dont on veut mesurer l'inflammabilité, est déposé dans la coupelle : sous l'effet de la chaleur, il se dessèche, puis émet des gaz de décomposition (pyrolyse) qui s'enflamment au contact d'une veilleuse à gaz située à quelques centièmes au-dessus de la coupelle.

Par convention l'inflammabilité est le temps, mesuré en secondes, qui s'écoule entre le dépôt du matériel végétal à la surface de l'épiradiateur et l'apparition des premières flammes. Ce temps dépend de l'espèce du végétal, de son état phénologique et de la saison de sa récolte.

De l'inflammabilité dépendent les risques d'éclosion et la rapidité de développement des feux naissants. Le suivi de ces variations journalières fournit un indicateur précieux pour déterminer le niveau de risque journalier.

Tableau 03 : les résultats des essais effectués par l'INRA

Forte	Bruyère à balais, bruyère arborescente, callune, chêne-liège, ajonc épineux, chêne vert, pin d'Alep, spartier, thym, brachypode rameux.
Assez forte	Pin maritime, chêne blanc, buis, buplèvre ligneux, genévrier de Phénicie.
Modérée	Ciste de Montpellier, cytise triflore, chêne kermès, genévrier oxycèdre, romarin, viorne-tin.
Faible	Arbousier, cèdre, sapin de céphalonie.

Source : C.E.R.M.G.R.E.F 1989

L'inflammabilité d'une formation végétale est celle d'espèce la plus inflammable : si elle y est représentée en proportion suffisante. Ainsi, le mélange ajonc épineux chêne Kermès est très inflammable toute l'année, alors que le chêne Kermès seul ne l'est que pendant les trois mois d'été.

Les peuplements où les espèces du sous étage retiennent les éléments secs tombant des arbres sont très inflammables : par exemple des chênes kermès denses sous des pins d'Alep dont ils accrochent les aiguilles mortes. **(Selon C.E.R.M.G.R.E.F 1989)**

3-2- La combustibilité

Elle 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 raison. Elle peut s'exprimer en kilo caries par mètre carré de terrain. Un calcul approximatif consiste à multiplier la biomasse végétale combustible par le pouvoir calorifique de celle-ci. 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 350 grammes/m pour un taillis de chêne vert et jusqu'à 1000 grammes/m pour une futaie de pins très dense. Et outre, on estime de 100 à 500 g/m² le poids de litière combustible. (**Selon C.E.R.M.G.R.E.F 1989**)

Le pouvoir combustible de cette biomasse peut être estimé à :

$$PC = 45 \times (100-h) - 6h, \text{ kilo caries par kilogramme}$$

Où h est la teneur relative en eau, exprimée en % du poids total de la biomasse.

Cette méthode d'évaluation de la combustibilité reste assez théorique. Elle peut, néanmoins, servir de base à des modèles de propagation du feu. Dans la pratique, on utilise la combustibilité pour évaluer le risque d'incendie, en appliquant la méthode simplifiée suivante.

Cette méthode a été mise au point par le CEMAGREF, avec le Service Département d'Incendie et de Secours (SDIS) de l'Hérault et l'appui scientifique du Centre d'Etudes Phytosociologiques Louis Emberger (CNRS CEPE).

Elle a été appliquée par l'agence MTDA au plan de PFCI des Alpes Maritimes. Elle comporte deux étapes :

1) Première étape : évaluation de l'indice de combustibilité (IC) de la formation végétale. Cet indice est calculé de la façon suivante :

$$IC = 39 + 2,3 \times BV \times (E1 + E2 - 7,18)$$

BV est le biovolume de la formation végétale. Il est obtenu par addition des taux de recouvrement de chacune des 4 strates de végétation (ligneux hauts, ligneux bas, herbacée, litières) auxquels on ajoute le taux de recouvrement des chicots et bois morts, s'il y a lieu.

Chacun de ces taux de recouvrement est compris entre 0 (absence de la strate) et 5 (strate

formant un couvert fermé) ; le biovolume est donc compris entre 0 et 5.

E1 et E2 sont les notes d'intensité calorique (comprises entre 1 et 9) des deux espèces

dominantes : E1 pour les ligneux hauts, E2 pour les ligneux bas ou les herbacées. (**Selon C.E.R.M.G.R.E.F 1989**)

10) Les actions de prévention et de secours

- **détection**

la rapidité d'intervention est une condition fondamentale du succès en matière de protection des forêts contre l'incendie.

Aussi, est-il essentielle que tous les feux soient détectés dès leur apparition. L'idéal, les jours de risque très sévère, serait que les premiers moyens d'intervention sur feux naissants soient sur place dans les cinq minutes qui suivent l'éclosion du feu.

Pour atteindre cette rapidité d'alerte, il faut combiner plusieurs moyens de détection complémentaires : des moyens au sol : les uns fixes (postes-vigies) les autres mobiles (patrouilles terrestres) et des moyens aériens : les uns équipés pour l'intervention sur les feux naissants par largages d'eau additionnée de retardant, les autres non équipés (avions d'aéro-clubs, avions de lignes). (**C.E.R.M.G.R.E.F 1989**)

- **La détection par la population**

La détection par la population est loin d'être négligeable. Dans les zones les plus habitées, ce sont des appels téléphoniques du public qui, dans la majorité des cas, donnent l'alerte.

- **Les postes-vigies**

Un réseau de postes-vigies fixes peut constituer l'ossature d'un dispositif de détection. Par le passé, on avait tendance à multiplier ces postes de vigie en vertu du principe que toute colonne de fumée suspecte devait pouvoir être observée par au moins deux postes de vigie, afin d'en situer la localisation exacte par recoupement : dans un relief aussi compartimenté que celui de la directe le plus de territoire possible.

Pour réduire l'investissement, on avait tendance à réaliser des postes « légers » : plates-formes de guet sur pylônes ou bien caravanes installées sur des points hauts et équipées en postes de guet.

La tendance actuelle est de compléter par des patrouilles terrestres et aériennes les observations d'un réseau de détection qui ne comprendra qu'un nombre restreint de poste de guet.

Ces postes seront des « tours en dur » très bien équipées en matériel d'observation et en matériel de transmission, et offrant des conditions d'hébergement satisfaisantes .

Situées sur des points hauts, ces tours de guet constituent également de très bons relais dans un réseau centralisé de communication avec les patrouilles : au point que leur rôle, comme nœud de ce réseau de communication, devient prioritaire sur leur rôle de détection.

Comme le coût de tours solidement construites et bien équipées est élevé, il faut choisir avec soin leur lieu d'implantation pour que leur réseau puisse mettre sous surveillance la plus de territoire possible. (**C.E.R.M.G.R.E.F 1989**)

- **Patrouilles de surveillance sur terrain**

Un des aspects les plus importants de la prévention des feux de forêts est un système permettant de localiser les incendies avant qu'ils ne s'étendent. Pour cela, on doit avoir le recours aux patrouilles sur le terrain et à l'observation en postes de vigie. La patrouille sur le terrain semble l'activité la plus simple et la plus facile. En effet, l'étendue de la patrouille est restreinte, d'autant que le champ visuel du patrouilleur est limité.

Pour cette raison, il vaudrait mieux effectuer la patrouille à pied ou en véhicule (voiture, moto, bicyclette ou barque), dans et autour des zones forestières précieuses mais assez sujettes à l'incendie. Les patrouilleurs pourraient utiliser des terrains en hauteur comme des crêtes ou des collines ou de hauts points comme la cime des arbres pour une meilleure observation. Ils devraient connaître les caractéristiques de leurs zones de patrouille y compris sa topographie et le comportement de ses habitants. Ils devraient être capables de s'occuper à la fois de la prévention, de l'exécution des lois et de la lutte contre l'incendie. Les patrouilles sur le terrain sont déficientes parce que la zone de surveillance permanente est limitée et donc que la détection des zones à risques est retardée. Il faut considérer aussi les coûts élevés des patrouilles à long terme par rapport à la construction de stations ou de tours de guet sauf dans le cas de patrouilles volontaires de la part des villageois. Par conséquent, les tours de guet

sont recommandées pour remplacer les patrouilles plus coûteuses. Cependant, les patrouilles pourraient être intensifiées sur des points hors de portée visuelle des tours de guet. Il sera plus économe de faire travailler les patrouilleurs uniquement pendant la saison sèche, propice à l'incendie, dans des groupes spécialement entraînés, et les employer à d'autres travaux après la saison des feux, lorsqu'on peut déterminer la saison des feux. Par ailleurs, le personnel d'autres secteurs serait en mesure de découvrir et de rapporter les événements concernant les feux au personnel forestier dans le cadre de leur travail quotidien. Il faudrait la concertation préalable entre les organismes concernés afin d'établir un système conjoint de détection précoce des feux et l'établissement de rapports efficaces. **(Masahiro Otsuka (JICA) 2003)**

• **Les transmissions**

L'efficacité de la protection des forêts contre l'incendie est conditionnée par la rapidité de l'alerte et de l'intervention et par la bonne coordination entre les différentes équipes qui interviennent dans cette protection. Il est donc indispensable que les réseaux de transmission entre ces intervenants soient très performants.

En général, deux réseaux fonctionnent au niveau d'un département où les risques d'incendie sont importants :

- Le réseau de la Direction Départementale des Services d'incendie et de Secours(DDISIS). Il est destiné à l'alerte et à la coordination des secours
- Le réseau des services forestiers. Il permet l'échange des informations nécessaires aux équipes qui assurent les patrouilles forestiers et les travaux forestiers, sans encombrer le réseau DDSIS par des conversations sans intérêt pour celui-ci. En cas de détection d'un feu naissant par une patrouille, deux situations sont possibles : soit la patrouille est elle-même autorisée à donner directement l'alerte sur le réseau DDSIS ; soit la patrouille (ou tout autre équipe forestière détectant un incendie) rend compte sur le réseau forestier à un coordonnateur, qui alerte lui-même les pompiers sur le réseau DDSIS .

Dans certains départements, il n'y a pas de réseau propre aux forestiers, et seul existe le réseau DDSIS, sur lequel certains forestiers peuvent intervenir pour donner l'alerte. Mais il est souhaitable que le plus grand nombre de département dispose d'un réseau forestier. **(C.E.R.M.G.R.E.F 1989)**

• **Routes et pistes leur utilisation en PFCI**

La protection contre l'incendie d'un massif forestier exige qu'il soit équipé d'un réseau cohérent de voies utilisables pour la lutte et pour la protection contre les incendies. Ce réseau peut comporter :

- Des voies ouvertes à la circulation publique.
- Des voies de dessertes agricoles ou forestières. Celles de ces voies, dont l'objectif premier est la PFCI, sont couramment appelées piste PFCI.

Pour concourir utilement à la protection des forêt contre l'incendie, une voie doit être apte (quels que soient ses autres usages) à assurer les fonctions suivantes :

- Permettre la circulation des patrouilles mobiles chargées de la surveillance du massif et de l'intervention contre les feux naissants
- Permettre l'accès rapide des véhicules de secours à tout foyer d'incendie,
- Constituer une ligne de lutte sur laquelle les véhicules de secours pourront prendre position pour combattre un feu ayant déjà pris une certaine ampleur (feu ordinaire), sans être néanmoins déjà transformé en « grand feu » .

Ces fonctions doivent être assurées dans des conditions de sécurité satisfaisantes pour les équipes engagées dans le combat contre un incendie. C'est pourquoi, il est rigoureusement indispensable que toute route ou piste utilisée pour la défense des forêts contre les incendies soit accompagnée de bandes débroussaillées de sécurité. **(C.E.R.M.G.R.E.F 1989)**

- **Le débroussaillage**

Débroussailler, c'est éliminer les végétaux ligneux bas et élaguer les végétaux ligneux hauts afin de créer une discontinuité verticale d'au moins 2 m de haut entre la litière et le houppier des arbres.

Le débroussaillage a pour but de réduire la combustibilité d'une formation végétale en éliminant sa strate la plus propice à la propagation du feu, celle des ligneux bas, « la broussaille », si caractéristique de la région méditerranéenne.

Le débroussaillage reste une opération coûteuse car elle doit être constamment renouvelée. Elle peut également avoir un impact négatif sur la stabilité et la régénération de l'écosystème forestier. Il importe donc de choisir convenablement les surfaces, les emplacements, les types de débroussaillage en fonction d'objectifs clairement définis et soigneusement étudiés. **(C.E.R.M.G.R.E.F 1989)**

- **Les grandes coupures**

Les bandes débroussaillées classiques établies le long des voies de circulation et PFCI(Cf. fiche N°9 et 10) suffisent en général pour assurer la sécurité des déplacements et de la lutte contre un feu d'importance modérée, c'est-à-dire contre un feu qui n'est pas attisé par un vent violent, ou qui n'a pas encore formé un front de grande étendue. Mais contre un feu violent, ces bandes débroussaillées n'offrent pas toujours une sécurité suffisante.

Pour combattre les grands feux, il faut disposer de zones sur lesquelles la lutte sera plus aisée. Elles sont de deux types principaux :

- Les grandes coupures agricoles (cultivées ou pâturées),
- Les lignes de combat préparées à l'avance. **(C.E.R.M.G.R.E.F 1989)**

- **L'entretien chimique du débroussaillage**

Les débroussaillages réalisés dans un but de protection des forêts contre l'incendie doivent, par la suite, être entretenus, en recherchant le coût d'entretien le plus faible possible. Certains produits chimiques offrent une solution intéressante, surtout dans les cas où l'entretien mécanique est malaisé (forte pente, présence de blocs rocheux, présence d'un couvert de ligneux hauts assez dense).

Il convient de distinguer :

- Les phytocides qui tuent les végétaux. Ils sont utilisés soit pour conserver un terrain à l'état dénudé (bande anti-mégots, par exemple), soit pour modifier de façon sélective une formation végétale (par exemple en tuant les rejets des ligneux bas préalablement recépés par un moyen mécanique, mais en respectant la strate herbacée et la strate des ligneux hauts).
- Les « nanifiants » ou inhibiteurs de croissance. Ils ont pour but de limiter la croissance des végétaux afin que la masse combustible soit suffisamment réduite pour n'être plus dangereuse.

Si ces produits sont mis en œuvre en respectant les doses et les méthodes d'épandage conseillées, ils ne présentent pas de danger pour la santé humaine, ni pour les écosystèmes. En effet, les quantités employées en forêt sont en général plus limitées qu'en agriculture, car elles concernent des superficies restreintes, et l'espace entre les traitements est de plusieurs années. Les produits récents ont une durée d'action limitée et leur dégradation est

rapide. Néanmoins, à la demande de certains responsables de collectivités territoriales, des services forestiers renoncent encore à l'emploi des phytocides. Les nanifiants (fosamine ammonium, par exemple) soulèvent beaucoup moins d'objections. **(C.E.R.M.G.R.E.F 1989)**

- **Le débroussaillage et l'entretien par la dent du bétail**

Le recours au pâturage des animaux pour l'entretien des espaces boisés méditerranéens est une idée très séduisante. En effet, il devrait permettre d'atteindre plusieurs objectifs à la fois :

- Rendre ces espaces moins combustibles, les animaux pouvant consommer les végétaux herbacés, ainsi que les poussières et les rejets des ligneux bas,
- Produire des richesses économiques, contrairement aux autres techniques d'entretien de la forêt méditerranéenne, qui sont onéreuses,
- Maintenir la présence d'exploitations agricoles dans des secteurs soumis à une très forte déprise agricole.
- Les expériences accumulées au cours des années 1980 montrent qu'il est possible, mais difficile, d'atteindre ces objectifs simultanément. Le problème posé est complexe car il faut réussir à mettre sur pied un système de gestion de l'espace qui réponde en même temps aux impératifs du forestier (propriétaire ou gestionnaire de la forêt privée) et de l'éleveur exploitant du troupeau. Les impératifs du forestier dépendent des objectifs assignés à la forêt (qui sont normalement décrits dans les documents d'aménagement ou dans le plan simple de gestion de la forêt), de l'état actuel des peuplements et des risques d'incendie. **(C.E.R.M.G.R.E.F 1989)**

- **Le brûlage dirigé**

Le feu peut être, dans certaines conditions, un outil précieux pour la protection des forêts contre l'incendie. Mais, en raison des dangers qu'il présente, sa mise en œuvre doit être très strictement contrôlée et exécutée par un personnel qualifié, sous réserve d'avoir obtenu les autorisations nécessaires.

Afin de lever des ambiguïtés, cette fiche évoque deux techniques de lutte : le contre-feu et le feu tactique, avant de décrire le brûlage dirigé, technique de débroussaillage. Le contre-feu et le feu tactique ne peuvent être allumés, au cours de la lutte, que sur l'ordre formel du « commandant au feu » dûment mandaté par le directeur départemental des Services d'Incendie et de Secours, agissant lui-même sous l'autorité du préfet. Tout autre allumage engage la responsabilité civile et pénale de celui qui l'ordonne.

Le brûlage dirigé met également en cause la responsabilité de celui qui l'allume. Dans tous les cas, il est soumis à la réglementation sur l'incinération des végétaux sur pied. Sa mise en œuvre exige donc le respect strict de l'arrêté préfectoral précisant cette réglementation pour le département concerné (dates à respecter, déclarations à faire ou autorisations à demander, nécessité de brûler sous la surveillance effective des pompiers...). Il ne doit être pratiqué que par un personnel qualifié ayant une très bonne connaissance du comportement du feu dans les conditions locales de relief, de végétation et de météorologie. Utilisé dans telles conditions il peut permettre un abaissement sensible du coût de l'entretien de certains débroussaillments. **(C.E.R.M.G.R.E.F 1989)**

- **L'approvisionnement en eau**

L'eau étant le principal moyen d'extinction des feux de forêts en région méditerranéenne, il faut se préoccuper attentivement de l'approvisionnement en eau des moyens de lutte, véhicules terrestres et, depuis peu, hélicoptères. Les véhicules de lutte quittent leur centre de secours ou leur lieu de stationnement en préalerte sur le terrain avec le plein d'eau, si possible contenant des additifs chimiques (retardants ou mouillants). Le problème qui se pose est donc celui du réapprovisionnement sur le terrain. **(C.E.R.M.G.R.E.F 1989)**

- **Les moyens de réapprovisionnement**

Ils sont nombreux et variés.

Les réserves de très grande capacité : ce sont les lacs (naturel ou artificiels), les canaux et les cours d'eau permanents. Ils ont l'inconvénient d'être très inégalement répartis sur le territoire. Pour qu'ils puissent être utilisés de manière satisfaisante, il faut qu'une zone d'approche, où les véhicules de lutte puissent manœuvrer et stationner, soit aménagée en bordure de l'eau. Il faut aussi que l'extrémité du tuyau rigide d'aspiration puisse être immergée dans une eau suffisamment profonde, pour ne pas pomper d'air, et propre pour que la crépine ne soit pas obstruée par de la vase ou des débris. **(C.E.R.M.G.R.E.F 1989)**

- **Les points d'eau sous pression**

Ce sont, en général, des bouches d'incendie situées sur les réseaux d'eau classiques (eau potable ou eau d'irrigation).

- Leur principal avantage est un remplissage très aisé des cuves des véhicules de lutte.

- Le danger est que si plusieurs véhicules s'approvisionnement en même temps sur les bouches d'un même réseau, les bouches situées aux extrémités du réseaux n'ont plus une pression et un débit insuffisants.
- Ce moyen d'approvisionnement et le moyen le plus utilisé par les pompiers : 60% des cas, d'après les statistiques Prométhée. (C.E.R.M.G.R.E.F 1989)

- **Les retenues collinaires**

Une retenue collinaire peut avoir des usages multiples, dont la PFCI. Mais lorsque le seul usage possible d'une retenue est la PFCI, son coût risque d'être trop élevé pour que sa construction soit justifiée. D'autres solutions (citernes) sont alors préférables. La construction d'une retenue n'aura un coût compatible avec la PFCI que si la digue est peu importante (longueur de crête inférieure à 50 mètres, hauteur inférieure à 5 mètres), si le bassin versant est restreint (évacuateur de crues de dimensions modeste), et surtout si l'étanchéité naturelle de la cuvette et des fondations est parfaite. Le coût d'une étanchéité artificielle est en général prohibitif.

Il faut aussi se rappeler qu'en été l'évaporation est de 0.6 à 1 cm par jour, ce qui réduit fortement la capacité des retenues trop peu profondes. (C.E.R.M.G.R.E.F 1989)

- **Les citernes**

Elles peuvent être réalisées en matériaux très variables : poches en plastique, citernes métalliques, citernes en béton en éléments préfabriqués, citernes en béton armé coulées sur place. Les capacités peuvent être également très variables : de 10 à 120 m³.

- Un des types de citernes les plus employés est la citerne de 60 m³ en béton, coulée sur place.
- Des citernes métalliques de 30 m³, d'un coût très modéré (environ 30 000 F en 1987) apparaissent depuis peu sur la marché. Cette solution paraît très intéressante car elle abaisse fortement le coût de mètre cube d'eau.

Les hélicoptères s'alimentent souvent par aspiration dans une bache souple apportée à proximité du lieu d'intervention. Cette bache est elle-même remplie par des véhicules terrestres qui s'approvisionnent à un autre point d'eau. (C.E.R.M.G.R.E.F 1989)

- **Les réserves mobiles**

Elles sont constituées par des camions-citernes.

Deux avantages : pouvoir amener la réserve très près du lieu de la lutte (à condition que la route ou la piste de circulation soit assez bonne pour un véhicule qui n'est pas tout-terrain) ; pouvoir amener une eau additionnée retardant, le mélange étant préparé au moment du remplissage du camion-citerne. (C.E.R.M.G.R.E.F 1989)

- **Sylviculture et protection contre l'incendie**

Les équipements de terrain pour la protection des forêts contre l'incendie (piste, bandes débroussaillées, points d'eau...) coûtent cher non seulement pour leur établissement, mais aussi pour leur entretien. En particulier, l'entretien des débroussaillages doit être périodiquement renouvelé, et cette opération est onéreuse, quelle que soit la technique employée.

Toutefois, une sylviculture adaptée permet, dans certains types de peuplement, de réduire notablement l'inflammabilité du sous-bois et la combustibilité de la forêt. Les dépenses de création, et plus encore d'entretien, des équipements PFCI peuvent dans ce cas, être allégées au profit de travaux sylvicoles qui réduisent le risque global d'incendie.

Cette sylviculture repose sur un principe simple : la recherche d'un couvert dense et suffisamment élevé. En effet, la combustibilité d'un peuplement dépend fortement de la densité de son couvert : l'opposition couvert dense /couvert clair et bien plus pertinente que l'opposition feuillus/résineux. (C.E.R.M.G.R.E.F 1989)

- **Information et sensibilisation**

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. Un des objectifs majeurs de la communication est d'expliquer pourquoi il faut protéger la forêt méditerranéenne et comment la protéger. Information et sensibilisation n'ont 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. La responsabilité d'informer, de communiquer, de former appartient à ceux qui connaissent la forêt et les incendies, ainsi qu'à ceux qui prennent les décisions.

- **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 en périphérie (travaux agricoles, pique-nique, constructions en forêt...) permet de réduire les risques d'éclosion d'un feu.

- **Gestion appropriée des incendies**

Grâce à la recherche, les méthodes de suppression des incendies ont accompli des progrès importants. Il faudra que les techniques de suppression soient adaptées aux caractéristiques du pays pour lequel elles ont été conçues. Dans certains pays densément peuplés, les résidents locaux peuvent apporter une importante contribution aux opérations d'extinction des incendies. Equiper les pompiers forestiers de chaussures, sifflets, bouteilles d'eau et pelles, et leur dispenser une formation, sont des éléments de base. Dans la mesure du possible, l'équipement doit être produit localement pour économiser de précieuses ressources financières, et être conçu de manière à pouvoir être entre- tenu dans les villages et les villes du pays concerné. Il est essentiel de disposer de matériel de transport pouvant aussi être réparé sur place. Il faudra s'orienter sur les bicyclettes, les motocyclettes et les mobylettes ainsi que sur les véhicules à deux et à quatre roues motrices. Dans les zones possédant des ressources d'une valeur exceptionnelle, les hélicoptères, les réservoirs de produits retardants, les systèmes de contrôle automatique au sol, les systèmes d'information géographique et la télédétection à haute résolution pourront faire partie de stratégies avancées de suppression des incendies. A l'avenir on pourra aussi faire appel à la télédétection, aux systèmes d'information géographique et à des modèles de combustible appropriés pour réaliser un dispositif intégré de classement des risques d'incendie pour les zones dépourvues actuellement de systèmes de prévision (Mutch 1997). Néanmoins, il convient d'adopter des systèmes de suppression simples plutôt que des systèmes fortement tributaires d'une technologie sophistiquée.

- **Autres types de gestion des incendies**

Notre dépendance croissante vis-à-vis des forêts, des terres boisées et des herbages, ainsi qu'une population en expansion et des changements climatiques imprévisibles confèrent une importance grandissante à la gestion des incendies. Trois types de systèmes sont identifiables:

1) l'exclusion du feu,

2) la gestion inactive ,

3) la gestion intégrée (d'après Goldammer et Manana 1996). La gestion visant l'exclusion élimine la présence de feux dans certaines zones désignées comme celles où poussent des espèces à écorce fine nécessitant une protection contre le feu, les plantations ou d'autres zones affectées à des usages spéciaux. L'exclusion des feux exige la présence d'infrastructures, de pompiers formés, d'équipement et de la coopération de la population locale. La gestion inactive est applicable à certaines zones incultes ou à des parcs nationaux. Dans ce cas, il est permis au feu de jouer son rôle naturel dans l'écosystème. Il est difficile d'appliquer ce type de gestion dans de nombreuses régions du monde en raison de la densité des installations humaines dans les forêts, les zones boisées et les herbages ou à leurs alentours. Néanmoins, pour donner un exemple, l'Inde a destiné des superficies forestières aux réserves de tigres ou aux parcs naturels même là où des villages ont dû être réinstallés. Dans ces réserves et parcs on pratique une gestion minimale des incendies. Ce fait montre qu'il est possible, encore que difficile, d'affecter à certains usages des terres où le feu joue son rôle naturel. La présence de facteurs additionnels de perturbation, tels que la sécheresse ou les chablis dus aux orages, pourrait imposer une révision au cas par cas du bien-fondé de ce type de gestion dans des périodes critiques. La dernière formule, à savoir la gestion intégrée, comprend diverses composantes. Les objectifs de la gestion des ressources pour une zone donnée devront être établis et des plans de gestion des incendies mis au point pour réaliser ces objectifs. Il faudra équiper et former des équipes de suppression des incendies, avec la participation si possible de villageois locaux. On devra mettre en place une infrastructure intégrée et établir des réseaux de communication pour coordonner les efforts de lutte aux niveaux régional et national. Un programme national de prévention des incendies, complété par des campagnes de prévention adaptées aux populations rurales et villageoises, devra être élaboré et présenté dans les écoles et par les chefs de village. Il est très important que les chefs de village et les villageois comprennent les buts de la gestion des incendies dans leur zone. Certaines régions sont parvenues à réduire le nombre d'incendies allumés par les villageois en établissant les boisements ruraux communautaires auprès, ou à l'intérieur, de forêts nécessitant une

protection. En Inde, 15 gouvernements d'Etat ont mis en œuvre une gestion forestière conjointe entre les départements forestiers étatiques et les villageois (Sarin 1995). Ces départements forestiers (en tant que propriétaires) et les institutions communautaires locales (en tant que gestionnaires) choisissent de concert les objectifs et les stratégies de gestion pour la forêt et les terres boisées de la zone du village. Lorsque ces objectifs et ces stratégies sont établis de commun accord, les rendements des systèmes agroforestiers augmentent et l'incidence des feux non contrôlés décroît. On a utilisé cette même technique dans le Centre-Nord de l'Etat de Washington aux Etats-Unis après les incendies de Typee et Hatchery qui ont brûlé 84 000 ha en 1994. Des réunions conjointes de formation ont été tenues dans les villes à l'intérieur ou à proximité des zones incendiées pour expliquer les stratégies de gestion forestière proposées après les incendies, et pour examiner les interventions et les réactions des citoyens. Grâce à ces réunions, aucune vente de récupération n'a été mise en discussion dans ce district de la forêt nationale de Wenatchee, alors que pratiquement toutes les ventes d'autres zones l'ont été. Enfin, pour pratiquer une gestion intégrée des incendies il faudra élaborer une politique nationale qui énonce tous les objectifs de la gestion et qui fournit un appui et une orientation pour les plans et les interventions de gestion des incendies aux niveaux régional et local.

Chapitre : 2

Synthèse bibliographique sur le thuya de berbérie

Chapitre 02 : Synthèse bibliographique sur le thuya de berbérie

1. Introduction

Le thuya de Berbérie, *Tetraclinis articulata* est une espèce résineuse, thermoxérophile, de la famille des Cupressacées, constitue un élément important dans la végétation forestière nord-africaine puisqu'il couvre plus d'un million d'hectare (EL MOURIDI, 2011).

L'Algérie possède aussi un véritable potentiel forestier notamment en ce qui concerne le thuya avec des possibilités de mise en valeur aussi bien pour la production ligneuse, que pour la protection de l'environnement. Le thuya couvrirait une surface de 160 000 ha, il occupait la 4ème position après le pin d'Alep, le chêne vert et le chêne liège (LETREUCH BELAROUCI, 1991). Il se trouve dans le secteur littoral oranais, ainsi qu'à l'intérieur du pays (BOUDY, 1950) ; il est exclu dans le Tell constantinois aussi bien que dans la région littorale orientale et centrale à cause du froid et de l'humidité

2. CARACTERES BOTANIQUES

Les caractères botaniques du thuya du Maghreb ont été notamment décrits par BOUDY (1952), BENABID (1976), FENNANE (1987), HADJADJ-AOUL et al. (2009). « Le thuya est un résineux à feuillage léger et persistant. Dans sa jeunesse, son port est pyramidal ; les feuilles sont réduites en écailles opposées et imbriquées par deux, les fleurs en chaton, situées à l'extrémité des rameaux. Le fruit est un cône d'allure cubique s'ouvrant par quatre valves sous l'effet de la chaleur, libérant ainsi six graines ailées ».

Tetraclinis articulata est une essence monoïque, qui dépasse rarement 6 à 8 m de hauteur et atteint 30 cm en diamètre en moyenne. Quelques vieux sujets, jusqu'à 20 m de haut pour 1 m de diamètre ont été observés, mais cela reste très rare (HADJADJ-AOUL et al., 2009). L'arbre fleurit en automne (octobre) et fructifie l'été suivant (juin, juillet). Cette fructification démarre vers l'âge de 15 ans et se poursuit jusqu'à un âge très avancé. L'ouverture des cônes, qui reste comme pour beaucoup d'espèces conditionnées par la chaleur, n'a lieu qu'à la fin de l'été (BOUDY, 1952).

La production des graines est relativement bonne, voire très bonne et le problème de régénération naturelle par semis n'est pas freiné par la quantité des semences produite (HADJADJ-AOUL, 1995). La longévité des semences dure 6 à 8 mois (EMBERGER, 1938 ; GRECO, 1967). La dissémination des graines reste limitée et le plus gros des semences se retrouve au pied même de l'arbre, contrairement au Pin d'Alep beaucoup plus anémochore

Chapitre 02 : Synthèse bibliographique sur le thuya de berbérie

(ACHERAR, 1981). Par ailleurs, le thuya de Berbérie est l'un des rares résineux à rejeter de souche et ce jusqu'à un âge très avancé, 400 ans environ (BOUDY, 1952). C'est ce qui donne la physionomie de taillis à ces peuplements et a sans doute contribué de manière significative à son maintien dans les massifs boisés nord-africains (HADJADJ- AOUL, 1995)



Figure 9 : Les différents organes du thuya De gauche à droite : aiguilles, cônes, écorce (© Kouider HADJADJ).

3. Systématique du *Tetraclinis articulata*

Il fait deux parties :

➤ Première parties :

- Règne : Plantae
- Embranchement : Spermaphytes
- Sous- Embranchement : Gymnospermes
- Classe : Conifères
- Ordre : Coniférales
- Sous- ordre : Taxales
- Famille : Cupressacées
- Genre : Tetraclinis
- Espèce : Tetraclinis articulata.

➤ Deuxième parties :

- .Règne : plantae
- Embranchement : Spermatophytes
- Sous-embranchement : Gymnospermes
- Classe : Pinopsida

Chapitre 02 : Synthèse bibliographique sur le thuya de berbérie

- Ordre : Pinales
- Famille : Cupressacée
- Sous famille : Callitroidées
- Genre : *Tetraclinis*
- Espece : *Tetraclins aticula* Vahl

4. AIRE DE REPARTITION DU THUYA

Le thuya de Berbérie (*Tetraclinis articulata*), est une espèce endémique de l'Afrique du Nord et en particulier des pays du Maghreb (Maroc, Algérie et Tunisie). Il se rencontre aussi dans quelques secteurs très ponctuels, au Sud-est de l'Espagne (région d'Almeria) et sur l'île de Malte (RIKLI, 1943 ; QUÉZEL, 1980). La superficie occupée par ce résineux n'a cessé de régresser au fil du temps suite à son exploitation par l'homme d'une manière abusive ou clandestine (BENABID, 1976, EL MOURIDI, 2011, BOURKHISS et al. 2010).

En Algérie, il représente actuellement moins de 140.000 ha (LETREUCH BELAROUCI, 1991 ; MAATOUG, 2003), alors qu'il couvrait plus de 160.000 ha au milieu du siècle dernier (BOUDY, 1950). Au Maroc, l'aire de répartition du thuya est subdivisée en six grandes zones : zone Rifaine, zone du Maroc oriental, zone du moyen Atlas oriental, zone des vallées du plateau central, zone du moyen Atlas occidental et Haut-Atlas (piémonts Nord Atlasique, revers Sud du Haut -Atlas, région d'Essaouira, Haut-Atlas occidental) et zone de l'anti Atlas (BENABID, 1976 ; FENNANE, 1987).

Il occupe, d'après BENABID (1976), une superficie de 725.000 ha. Son aire marocaine actuelle est d'environ 607.900 ha, localisée principalement dans les étages semi-arides océaniques et maritimes, entre le niveau de la mer et 1500 m d'altitude. En Tunisie, le thuya ne couvre que 30.000 ha (BOUDY, 1950), depuis les collines du Nord- Est jusqu'à une ligne allant de Bizerte au Mont de Zaghouane et à Hammamat (MAIRE, 1952). Il pousse sur le calcaire, la silice et même sur les terrains gypseux à condition qu'ils soient bien drainés (EL HAMROUNI, 1978). Son aire bioclimatique semble plus étendue, puisqu'on le trouve depuis l'étage aride dans ses variantes douces, tempérées ou fraîches jusqu'au niveau supérieur du subhumide tempéré et doux (FENNANE, 1987).

Chapitre 02 : Synthèse bibliographique sur le thuya de berbérie



Figure 10 : Aire de répartition du thuya de Berbérie en Méditerranée sud-occidentale (HADJADJ, 2016).

En Algérie, les *tétracлинаies* couvraient une superficie de 161.000 ha vers le début du siècle dernier (BENABDELLI, 1992), alors que vers la fin de cette période les chiffres avancés par l'administration des forêts varient entre 143.000 ha et 130.000 ha (LETREUCH-BELAROUCI, 1991). QUÉZEL & DE SANTA (1962, 1963) ont mentionné que le thuya est très commun dans le secteur oranais, assez commun dans le secteur algérois et dans le sous-secteur des hauts plateaux et qu'il est très rare dans la grande Kabylie. Dans la région algéro-ouarsienne, les peuplements de thuya ne s'individualisent pas et sont le plus souvent en mélange avec le pin d'Alep. On les trouve dans les circonscriptions de Cherchel, Média, Ténés et Theniet el Had sous forme de vieux taillis dégradés par les incendies ; ils se trouvent aussi dans les régions de Delles et Lakhdaria sous forme de pieds isolés et de petits bouquets, puis dans la vallée de l'oued sahel vers M'Chandella sur le piémont sud de Lalla Khadîdja du Djurdjura (LAPIE & MAIGE, 1914 ; HADJADJ-AOUL, 1995). En Oranie et plus particulièrement à l'ouest algérien, le thuya se cantonne exclusivement dans l'étage bioclimatique semi-aride à variante chaude, douce et même fraîche pouvant se développer à une altitude maximale de 1.400 m. Peu résistant au froid, il est largement répandu sur les sols calcaires, où il se présente en formation pure, mais le plus souvent en mélange avec le chêne liège et le pin d'Alep (FENNANE 1982 ; BENABDELI, 1996). Ses exigences sont donc assez

Chapitre 02 : Synthèse bibliographique sur le thuya de berbérie

proches de celles du pin d'Alep, mais ces deux espèces offrent, au Maghreb, des répartitions bien différentes (MEDAIL & QUEZEL, 2003). En effet, le thuya supporte mal les précipitations élevées (supérieures à 800 mm par an).

Entre autres, en Oranie, le thuya se substitue nettement au pin d'Alep et forme des peuplements homogènes dans le secteur littoral. On le rencontre dans la forêt de Ténès, El guelta, Oued Ras, puis dans toutes les forêts de Mostaghanem, Sidi Bel-Abbes avec une forte proportion dans les forêts de Guetarnia, Oukar, Zehoudj-Bouryates. Dans la région de Tlemcen, le thuya réapparaît entre la mer et le grand massif de chêne vert de Sebdou, où il forme des boisements isolés généralement dégradés (MILOUDI, 1996). Dans la région de Tlemcen et particulièrement dans les Monts des Trara (Forêts domaniales de Honaine, Beni Menir, Nedroma, Ain Kebira, Beni Ouarsous, Beni Khellad et Touent) le thuya forme des peuplements purs. Dans les Monts de Tlemcen, il se trouve mélangé avec le chêne vert et le genévrier oxycèdre ; on le trouve aussi dans la forêt domaniale de Tamaksalt au niveau des Plaines telliennes de Maghnia-Tlemcen et de Remchi (B.N.E.D.E.R, 2009).

5. Conditions climatiques

Le thuya est une essence de lumière thermophile et xérophile caractérisée par ses faibles exigences en eau, de 300 à 500 mm par an. Son optimum écologique est lié à l'étage bioclimatique semi-aride à variante tempérée douce, chaude et très chaude ; il se développe aussi en étage sub-humide à variante chaude, douce et tempérée sur sol filtrant (calcaire) ; il craint les froids humides et préfère les expositions chaudes (QUÉZEL, 2000). De même que pour le pin d'Alep, sa rusticité, son indifférence vis-à-vis du sol, ses faibles exigences en eau lui permettent de se maintenir solidement dans les stations les plus variées et les plus sèches. Il se défend même mieux que le chêne vert sur les terrains qu'il occupe et, grâce à sa faculté de rejeter de souche jusqu'à un âge avancé, réagit vigoureusement au feu et aux mutilations de toutes sortes (BOUDY, 1952).

En Algérie, le thuya occupe essentiellement l'étage semi-aride, étage le plus répandu d'ailleurs en Oranie. Il peut déborder dans l'étage subhumide à la faveur de l'altitude (HADJADJ-AOUL, 1988).

6. Conditions lithologiques

Sur le plan lithologique, le thuya se trouve aussi bien sur les roches siliceuses que sur les roches calcaires et les sols fersiallitiques meubles plus au moins profonds. Il a cependant une préférence pour les sols calcaires, qui sont plus aérés et plus chauds (HADJADJ-AOUL, 1995 ; BOUDY, 1952).

En Algérie, on le rencontre sur tous les étages, sur le crétacé, dans les régions de l'Ouarsenis et Ténès, sur le jurassique dans celles de Freneda, Saida et Tlemcen et sur le quaternaire et pliocène dans celle de Mostaganem (BOUDY, 1950)

7. Altitudes

Le thuya ne se trouve pas aux hautes altitudes, mais plutôt sur les plateaux de basses et moyennes altitudes. Sa limite supérieure est de 1.800 mètres (Grand Atlas), sa limite inférieure est variable, il s'observe localement jusqu'au bord de la mer, mais dans le grand Atlas, il n'apparaît qu'à 800 ou 1.000 mètres d'altitude (BOUDY, 1952).

En Algérie, le thuya s'observe jusqu'à une altitude maximale de 1.400 m en montagne sèche (Djebel Reguirat), on le trouve jusqu'au bord de la mer dans la région de Mostaganem (HADJADJ-AOUL, 1995). ALCARAZ (1982) et HADJADJ-AOUL (1999) soulignent qu'en haute altitude, le thuya se trouve écarté par des essences plus résistantes aux froids tels que le chêne vert et le genévrier oxycèdre. Dans les Monts de Tlemcen, l'essence occupe le bas de l'étage méso-méditerranéen, néanmoins on observe son installation à des altitudes entre 1.000 et 1.020 m dans ce même étage (BENABDELLAH, 2011).

8. REGENERATION DU THUYA

Le thuya de Berbérie est une essence forestière qui a une faculté d'émettre des rejets de souches jusqu'à un âge très avancé. La régénération des *tétraclinaies* est donc assurée non seulement par semis mais aussi par rejet de souche. Cependant malgré que la fructification de l'arbre est suffisamment abondante, la régénération par voie sexuée est irrégulière, cette irrégularité tenant vraisemblablement à la nature de substratum (BOUDY, 1952). BENABID (1977), révélait qu'une pluviométrie très irrégulière et souvent mal répartie ajoutée à une saison sèche parfois trop prolongée, conditionnent la germination des graines et la survie des semis en été. Aussi l'exploitation des souches mortes qui fournissent la loupe de thuya, est une pratique qui met en danger la survie de cette essence dont la régénération est difficile et la

Chapitre 02 : Synthèse bibliographique sur le thuya de berbérie

croissance est lente (H.C.E.F.L.C.D, 2013). A ce propos, HADJADJ-AOUL (1995), signale que les expositions chaudes sont propices à l'installation des semis, entre les arbustes (cistes, romarins, lavandes) ; la germination semble mieux s'y réaliser que dans les vides et les petites clairières. Sous l'arbre lui-même, c'est-à-dire sous un léger feuillage, on observe aussi le maximum de régénération. Concernant la litière, la mortalité des jeunes semis semble être selon l'auteur liée au moins en partie à l'épaisseur de l'horizon A0, mais aussi à la nature de cette litière.

9. SYLVICULTURE DE THUYA

- **Types de peuplements**

Le faciès actuel des callitraies résulte de l'action prolongée des incendies. Il s'en suit que ces peuplements ne se présentent plus guère que sous l'aspect de vastes nappes équiennes et jeunes avec quelques rares gros arbres très âgés, rescapés des nombreuses mises à feu antérieures. Le sous-bois est plutôt réduit ; vu ses exigences thermophiles et xérophiles, le thuya se mélange relativement peu aux autres essences sauf aux limites de son amplitude climatique (BOUDY, 1952). Pour ces diverses raisons, les catégories de callitraies sont peu nombreuses. On peut en distinguer trois selon BOUDY(1952), à savoir :

Vieilles futaies : Ces peuplements qui forment l'exception sont très clairs, renfermant un certain nombre de vieux arbres isolés (30 à 40 vieux arbres), de 40 à 60 cm de diamètre et de 200 à 300 ans d'âge surmontant un sous-bois d'essences secondaires. Ces peuplements constituent des îlots plus au moins étendus épargnés par le feu et peu accessibles à l'homme et aux troupeaux. Les boisements de cette catégorie sont rares en Algérie (quelques-uns dans la région de Tlemcen) ; ils sont plus communs au Maroc.

Taillis de thuya : C'est la forme la plus commune en Afrique du Nord, la plupart proviennent d'incendies antérieurs et des exploitations massives entreprises dans le passé. Au Maroc et en Algérie, ce mode est lié à la fréquence des incendies et du gemmage. Ce type de peuplement est caractérisé par son extrême densité qui atteint souvent plusieurs milliers de tiges à l'hectare. La plupart de ces taillis sont jeunes, leur végétation est généralement vigoureuse et ils sont susceptibles de donner naissance à de très beaux peuplements pour autant qu'on les éclaircisse, opération qui doublera ou triplera leur vitesse de croissance.

Chapitre 02 : Synthèse bibliographique sur le thuya de berbérie

Peuplements mélangés : Le thuya a plutôt tendance à former des peuplements purs. Néanmoins, il se mélange à la plupart des autres essences forestières locales, mais en proportions limitées. Il s'associe au chêne liège aux expositions chaudes, c'est-à-dire quand le chêne liège n'est plus dans son aire naturelle ; alors le thuya parvient à avoir le dessus. Il peut aussi s'associer au pin d'Alep qui arrive à le supplanter nettement s'il n'y a pas d'incendie, mais est refoulé par lui dans le cas contraire.

En résumé, étant donnée la nature des peuplements, on aura ainsi à examiner, d'après BOUDY(1952) et LETREUCH-BELAROUCI (1991), les modes de traitements suivants :

- **Traitement en taillis simple**

Le mode de traitement normal du thuya est le taillis simple. On doit cependant s'efforcer d'avoir le plus grand nombre possible de sujets de franc pied, non pas pour obtenir de la futaie, mais pour arriver avec le temps au renouvellement des vieilles souches. Les forestiers, dans le passé, se sont trouvés dans la nécessité de refaire entièrement les peuplements ravagés par le feu et mutilés par l'homme, la coupe à blanc était alors le seul moyen de régénérer et même de sauver ces peuplements. Les raisons du choix de ce type de traitement sont :

- La faculté de rejeter de souche,
- la réussite aléatoire de la régénération (sol et pâturage),
- la lenteur de la croissance des jeunes individus,
- le mauvais état des peuplements.

- **Traitement en taillis sous futaie**

Le régime de taillis simple avec coupe à blanc, présente l'inconvénient de faire disparaître toute possibilité d'avoir du bois d'œuvre de dimensions suffisantes. Si l'on veut disposer du bois d'œuvre du thuya, il convient d'envisager un mode de traitement permettant de laisser sur pied des arbres au-delà de 60 ans et jusqu'à 150 ans, âge auquel ils peuvent atteindre 40 à 50 cm de diamètre. Il convient, à cette fin, de recourir au régime du taillis sous futaie. Le nombre de tiges à réserver à cet effet à chaque révolution de taillis à 60 ans, dépendra de l'état du peuplement et de la croissance. Il serait sans intérêt d'essayer d'élever des réserves dans des boisements trop pauvres et de végétation médiocre. Il faut réserver le taillis sous futaie

Chapitre 02 : Synthèse bibliographique sur le thuya de berbérie

aux meilleurs peuplements à végétation vigoureuse, aux meilleurs sols, de façon à obtenir du bois d'œuvre vers 150 ans. Le nombre de pieds réservés est de 30 à 40 par hectare, selon la situation écologique du peuplement. En définitive, étant donné l'utilisation économique du thuya, le traitement du taillis sous futaie doit être pratiqué toutes les fois qu'il sera possible et le taillis simple sera réservé aux peuplements médiocres ou mal venants.

- **Autres types de peuplements**

Le thuya a des capacités à former des peuplements purs, mais il peut se trouver mélangé avec d'autres espèces tel que le pin d'Alep, le chêne vert, le chêne liège et l'olivier ; il est par conséquent difficile d'envisager un traitement régulier, il s'agit de favoriser le développement de cette essence au détriment des essences secondaires.

10. IMPORTANCE ECONOMIQUE DU THUYA

L'espèce trouve essentiellement sa place dans l'activité artisanale surtout maghrébine qui joue un rôle économique et social crucial. Le bois du thuya est un bois résineux parfait, rouge, très lourd, dégageant une odeur vive (LAPIE et MAIGE, 1914). Il fournit un excellent bois d'ébénisterie et de menuiserie fine, un bois dur et supportant assez bien l'écrasement, il est encore utilisé comme bois de chauffage (BOUDY, 1950). Les madriers et loupes constituent le bois d'œuvre destiné à la production d'objets artisanaux. L'utilisation de façon traditionnelle et irrationnelle, en marqueterie, de ce type de bois rend son approvisionnement de plus en plus difficile (KHATTABI, 1997). Le bois de service comprend les perches et les perchettes destinées généralement à la construction d'habitat (toiture) en milieu rural et en agriculture, le bois de feu assure le chauffage et la production du charbon (EL ALAMI, 2013). Le bois de la loupe de thuya (Figure 11) est très apprécié par les artisans pour la marqueterie, l'ébénisterie et pour la production d'articles variés (CHAKIR, 1999). Le bois de la loupe diffère du bois normal par sa structure, son aspect esthétique induit par la présence des excroissances et des cernes de croissances plus larges qui semblent présenter une symétrie locale. En effet, les cernes de croissance à l'intérieur de la loupe montrent des cernes plus larges que ceux du reste de l'arbre (EL ALAMI, 2013).



Figure 11 : La loupe de thuya (© EL ALAMI, 2013).

Le goudron végétal, préparé par distillation des racines et du collet, est utilisé en pharmacie vétérinaire (BENABID, 1976). La tétraclinaie a un rôle important aussi dans la production de miel, car elle est riche en lamiacées (*Thymus algeriensis* Boiss. & Reut., *Artemisia herba-alba* Asso, *Lavandula dentata* L., etc.). Elle permet un rendement élevé en nectar, ce qui donne au miel qui en résulte une excellente qualité. Le thuya présente également un grand intérêt pour les reboisements des terrains médiocres, c'est une essence locale qui s'accommode au climat sec déshérité, très rustique et offre le grand avantage de rejeter de souche (BOUDY, 1952). Il convient, dans les travaux de défense et de restauration des sols (AYACHE,, 2007), du fait qu'il peut s'accrocher à même la roche sur les pentes les plus fortes, grâce à son système racinaire séré et pivotant (AYACHE, 2007). Au Maroc, le thuya joue un rôle considérable dans la protection des sols. En effet, cette espèce constitue des peuplements bien venants dans des conditions très difficiles comme celle des dunes d'Essaouira (D.R.E.F., 2002). Les populations locales utilisent cette essence dans la médecine traditionnelle en raison de ces multiples effets thérapeutiques, les différentes parties de l'arbre, particulièrement les feuilles et les rameaux sont connues par leurs propriétés sudorifiques, diurétiques et antirhumatismales, ils sont aussi préconisés dans les traitements des infections intestinales, les maladies respiratoires, le diabète, l'hypertension et les fièvres infantiles (BOURKHISS et al. 2016).

Chapitre : 3

Présentation de la zone d'étude

1. Présentation de la commune de Tircine

La commune de Tircine se surgir de nouveau découpage administratif 1984. Elle est distante de chef lieu de la wilaya de Saida 42km, et chef lieu de Daira d'Ouled Brahim 14km.

Elle constituée d'Archs suivants : Ouled Bakhaled , Ouled Ahmed , Ouled Lazrag , Amair , Chhari , Aouissate , Ouled Kada.

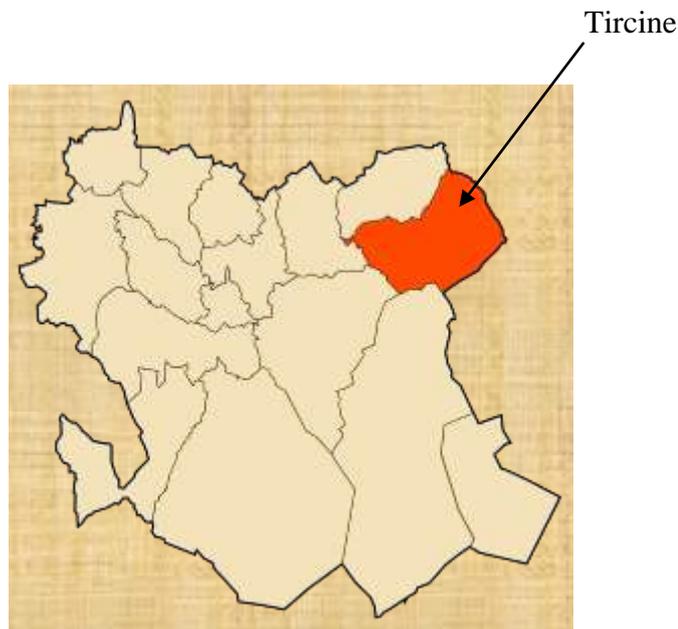
1.1. Situation géographique

La commune de Tircine s'est située au nord-est de la wilaya de Saida, elle s'étend sur une superficie de 421.4 km², et regroupe une population à 7685 habitant (D.P.A.T de Saida 2010).

1.2. Situation administrative

La commune de Tircine est délimitée comme suite :

- Au nord par la commune d'Ouled Brahim.
- Au l'est par la commune d'Takhmaret (wilaya de Tiaret) .
- Au sud par la commune de Hassassna.
- Au sud-est par la commune de Maâmora.
- Au sud-ouest par la commune de Rosfa (wilaya de Tiaret) .



Carte de localisation de la zone d'étude.

2. Etude du milieu physique

2.1. Facteurs et aspects topographiques

➤ Pente

La carte des pentes est d'une grande importance pour pouvoir analyser correctement un bassin versant. Il faut néanmoins savoir que la pente ne peut pas se définir sans dire à quel élément géographique elle correspond.

La carte des pentes constitue l'un des éléments de base pour l'analyse des caractéristiques physiques qui détermine l'aptitude des diverses zones. En la pente est un paramètre primordial qui intervient dans la détermination de beaucoup d'indices hydrologiques. Un effet, la potentialité et les limites d'utilisation de territoire dépendent dans leur majeure partie de la pente puisque celle-ci contribue à la détermination des possibilités d'érosion en relation avec d'autres facteurs, de mécanisation des cultures, des modalités, d'irrigation, des possibilités de pâturage, de l'installation et le développement de la végétation de reforestation.

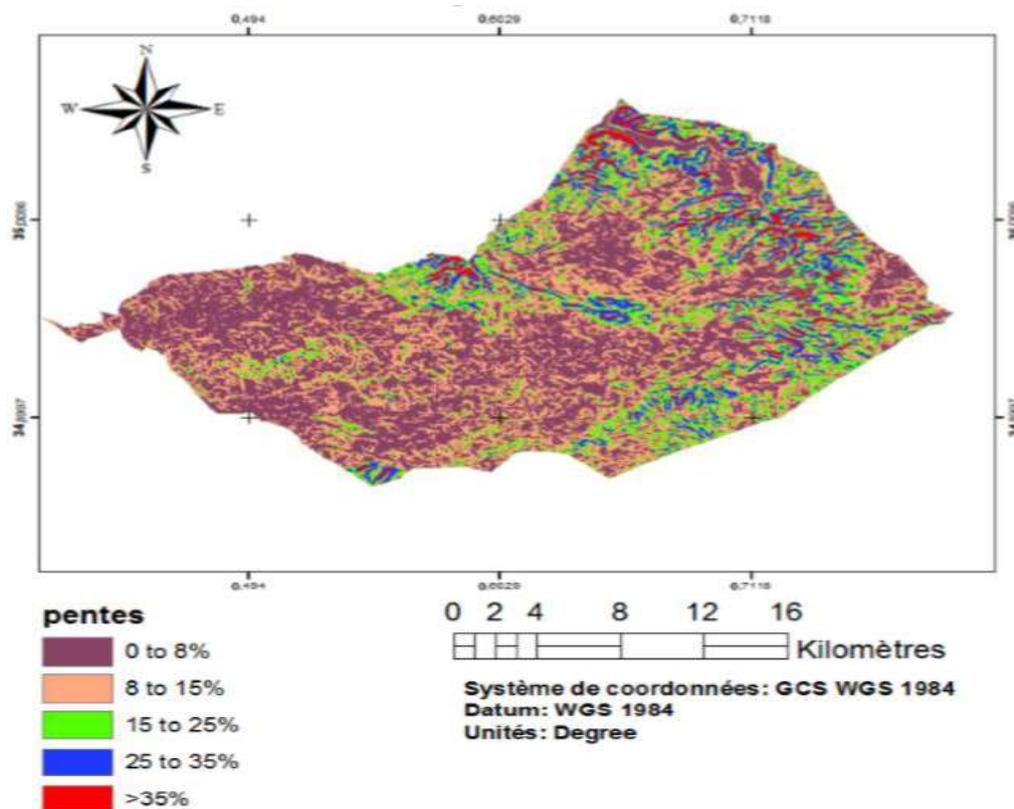


Figure 12 : carte des pentes de la commune de Tircine (Allem 2012)

Elle subdivise le territoire d'étude en cinq classes de pentes retenues sont matérialisées comme suit :

- **Classe 1 : pente comprise entre 0 et 3% :** caractérise l'ensemble du massif ou la topographie est généralement plane. Ce sont généralement les fonds de vallées et les zones des piémonts.
- **Classe 2 : pente comprise entre 3 et 6% :** celle classe caractérise un relief vallonné, formé de plateau ou de bas piedmont de collines.
- **Classe 3 : pente comprise entre 6 et 12 % :** caractérisent le plus souvent les zones de piémonts qui sont le prolongement des massifs montagneux.
- **Classe 4 : pente comprise entre 12 et 25 % :** elle est faiblement représentée , caractérise les piémonts et les petites montagnes.
- **Classe 5 : pente supérieure à 25 % :** cette classe est la moins représentée dans la région d'étude, soit caractérise également les hauts piémonts et les zones montagneuses, de forte déclivité.

Tableau 04 : classes des pentes représentées en fonction de la surface occupée en km².

Classe de pente	0 – 3 %	3 – 6 %	6 – 12 %	12 – 25 %	Plus 25 %
Superficie (km²)	245.10	292.8	391.2	157.2	30.77

➤ **Exposition**

L'exposition d'un sol en pente modifie fortement le microclimat, et par suite l'humidité et le risque de gel, ainsi que l'ensoleillement, ainsi secondairement que la flore et les rendements agricoles ou sylvicoles. C'est un facteur qui intéresse également à l'écologie du paysage.

Dans le cas de Tircine les quatre expositions (nord, sud, est, ouest) sont réparties sur tout le territoire, avec une petite dominance concernant l'exposition sud.

Un versant exposé au nord bénéficie de conditions climatiques et édaphiques plus agréables en raison des masses d'air venant de la mer accompagnée d'humidité qui servent à favoriser la faible évaporation, en revanche le versant exposé au sud ou au

sud-est peut favoriser une productivité accrue , mais peut aussi être plus vulnérable aux sécheresses grâce a la quantité importante d'ensoleillement avec un sol relativement dégradé ou dominant les dolomies des calcaires.

Les facteurs (ensoleillement, humidité) sont des paramètres responsables et déterminants concernant le type de végétation de la zone d'étude.

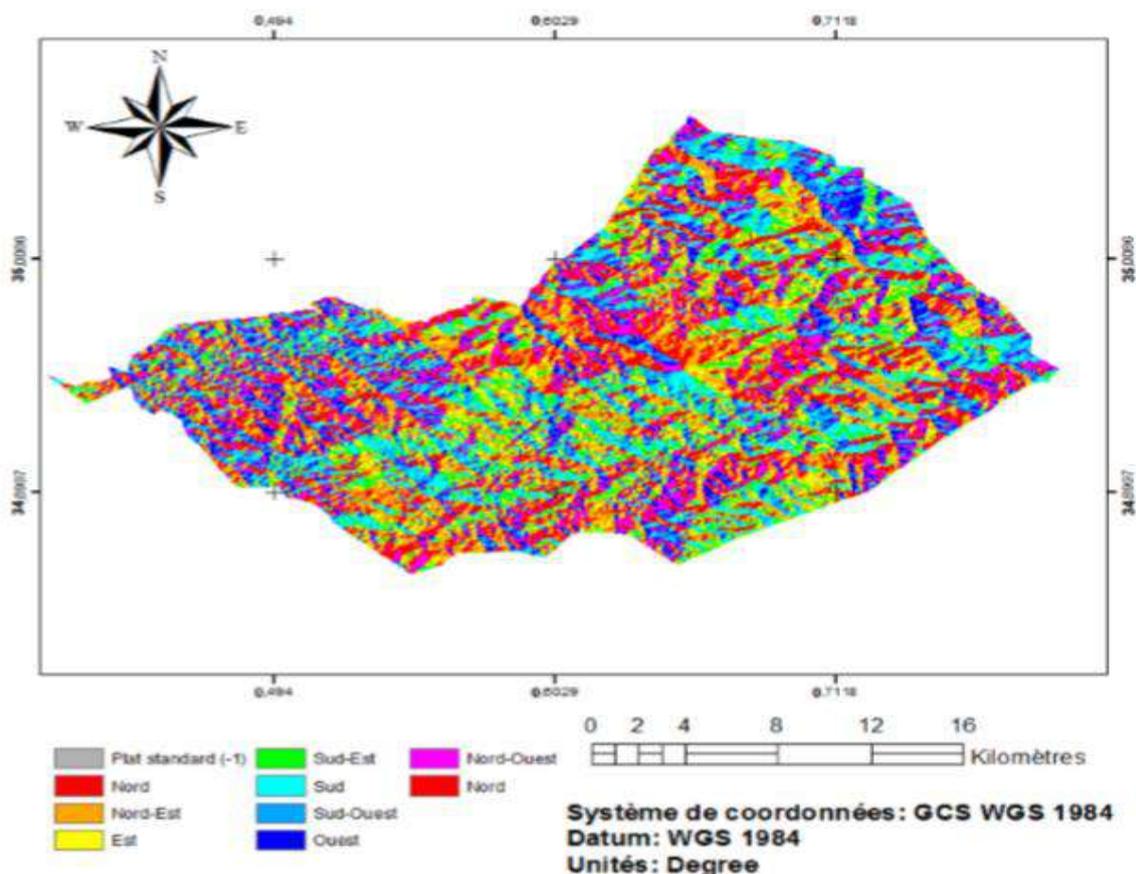


Figure 13 : Carte d'exposition de la commune de Tircine(Allem 2012)

➤ L'altitude

Avec l'altitude on peut caractériser une station car elle fait la synthèse de plusieurs phénomènes tels que la température, la pluviométrie ou l'ensoleillement.

Quand on parle des effets de l'altitude, il faut prendre aussi en considération les effets de versant et certaines situation de confinement qui ont un effet vis-à-vis du vent, du brouillard, mais peuvent aussi se comporter comme des « trous à gelées ».

Quand l'altitude augmente, les précipitations devienne plus importantes mais les températures diminuent (d'environ 0.6°C/100m). C'est pourquoi elle constitue un facteur limitant pour le développement d'une essence.

Tableau 05: les classes d'altitude mesuré avec MNT.

Classe altitudinales	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Classe 5	Classe 6
Sup/km ²	658-758	758-859	859-959	959-1058	1058-1128	1128-1258

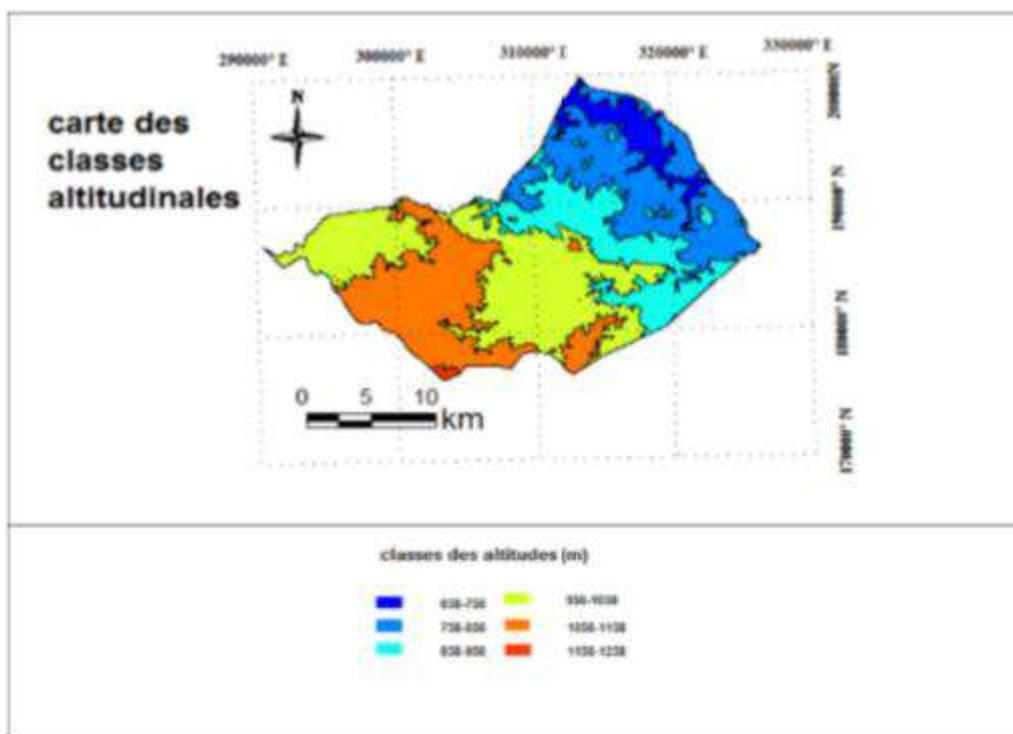


Figure 14 : Carte hypsométrique-commune de Tircine (source : MNT) (Allem 2012)

➤ Réseau hydrique

La zone d'étude est chevauchée entre deux grands bassins versant , celle d'Oued Mina dans la partie Ouest de la Daira (la majeure partie de la commune de Tircine et une partie de la commune d'Ouled Brahim) .(FIDAH YAMINA ET NAAS SAOUGIA :2010).

Ainsi la partie intégrée dans le bassin versant d'Ouled MINA est subdivisé en deux périmètre, le premier (périmètre d'irrigation de Maarad) couvre la zone Nord de la commune de Tircine.

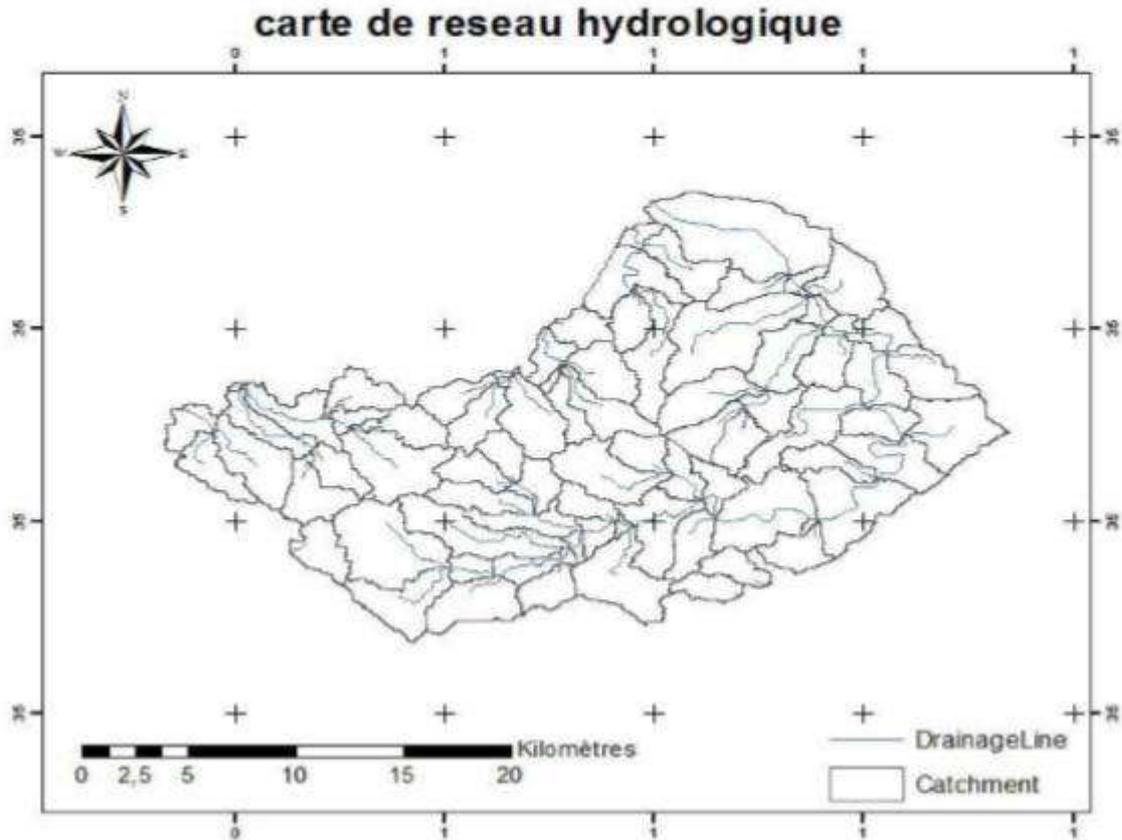


Figure 15 : Carte hydrographique de la daïra d'Ouled Brahim (allem 2012)

➤ Climat

Le climat peut être défini comme étant les conditions qu'il fait dans un endroit donnée (température, précipitations,...) calculées d'après les observations d'au moins 30 ans (défini par l'Organisation Météorologique Mondiale).

Il est donc caractérisé par des valeurs moyennes, mais également par des variations et des extrêmes. A l'échelle de la planète, le climat représente une machinerie complexe qui est le produit, dans l'espace et dans le temps, de toute une série d'interactions entre les éléments qui composent les différents compartiments :

- L'atmosphère.
- La lithosphère (la croute terrestre) .
- L'hydrosphère (l'ensemble des mers , des océans , des lacs et des cours d'eau de la planète) .
- La cryosphère (les glaces du monde entier) .
- La biosphère (l'ensemble des être vivants , en particulier la végétation).

Le climat de la wilaya de Saida est de type méditerranéen avec une tendance à la semi aridité caractérisée par un été chaud et sec et hiver froid. Les températures

atteignent 40° en été avec des journées de vents chauds(sirocco) et un minimum de 0° à 4° en hiver avec des gelées fréquentes (en moyenne 30 J/AN).(DPAT,2011).

Tableau06 : situation de la station météorologique de Saida(Rebahia) .

<i>Station (lieu)</i>	<i>altitude</i>	<i>Latitude</i>	<i>longitude</i>
<i>Rebahia</i>	<i>748m</i>	<i>34°53'31" N</i>	<i>0°09'27" E</i>

L'analyse des principaux paramètres climatiques tels que : (précipitations , températures , vents , humidité ...)est basés sur des données fournies par Seltzer en 1946 , représentent une période de 25 ans entre (1913-1938) aussi que des données climatiques réalisées par la station météorologique de Rebahia entre (1978-2010) . La température et la pluviosité sont les deux éléments principaux du climat (ROGER D, 1996) .

➤ Précipitations

- La précipitation est un facteur fondamental pour caractériser le climat d'une région. Ce terme précipitation désigne des cristaux de glace ou des gouttelettes d'eau qui, ayant été soumis à des processus de condensation et d'agrégation à l'intérieur des nuages, sont devenus trop lourds pour demeurer en suspension dans l'atmosphère et tombent au sol. (Salah NOFAL, 2009) .
- **Comparaison des précipitations moyennes mensuelles entre (1913-1938) et (1983-2012) :**

Tableau 07 : précipitations moyennes mensuelles et annuelles en mm.

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Juil	Aout	total
AP	24	35	62	50	54	51	55	35	43	17	02	08	436
NP	23	41	44	34	38	36	40	36	31	12	06	12	353

. AP : ancienne période (Seltzer , 1946) .

. NP : nouvelle période (station météorologique Rebahia 1983-2012).

. On remarque que y'a une différence d'environ 91.4 mm/an comme diminution entre les deux périodes entre (1913-1938) et (1983-2012).

Une pluviométrie mal répartie aussi bien dans l'espace que dans le temps comme le montre le tableau n°12 ci-dessous. Les maximums des pluies sont enregistrés dans les mois d'Octobre, Janvier et Mars ; alors que le mois de juillet ne reçoit que de faibles quantités de pluies.

Tableau n°12 : régime et répartition de la précipitation moyenne mensuelle et saisonnière.

➤ gelée

Lorsque la température de l'air devient durablement égale ou inférieure à celle du point de congélation de l'eau, soit 0°C, on entre dans une période de gelée. L'apparition de celle-ci se traduit par la transformation de l'eau liquide en glace, à moins que ne s'y oppose la persistance du phénomène de surfusion, fréquent au sein de l'atmosphère. (Météo-France).

Tableau 08 : fréquence moyenne mensuelle des gelées. Période 1983-2012.

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	total
Moy mensuelle	0	0	2	9	12	10	4	2	0	0	0	0	39

Source : (station météorologique REBAHIA, 2014)

L'enneigement dans la commune de Tircine ne requiert que peu d'importance à l'égard de valeurs enregistrées pour la station de REBAHIA. (MELLAL et REGUIG ; 2010).

➤ Vents

Le vent est l'un des éléments le plus caractéristique du climat. Il affecte sur la vie et le développement des plantes, en plus le vent peut être facteur favorisant à la propagation des feux de forêt. Les vents bénéfiques sont ceux de l'ouest et du nord ouest qui déplacent des masses d'air chargées d'humidité, et qui se transforment en précipitation. Par contre durant la plus grande partie de température très élevées, selon les statistiques de la station météorologique de Rebahia. (FIDAH YAMINA ET NAAS SAOUGIA , 2010).

Tableau 09 : fréquence moyennes mensuelles de la vitesse des vents en m/s , période 1983-2012.

Direction	N	N-E	E	S-E	S	S-O	O	N-O
Fréquence%	14.7	2.2	1.4	2.9	10.6	3.2	7.2	8.9

Source : station de météorologie de REBAHIA, sur une période de 30 ans.

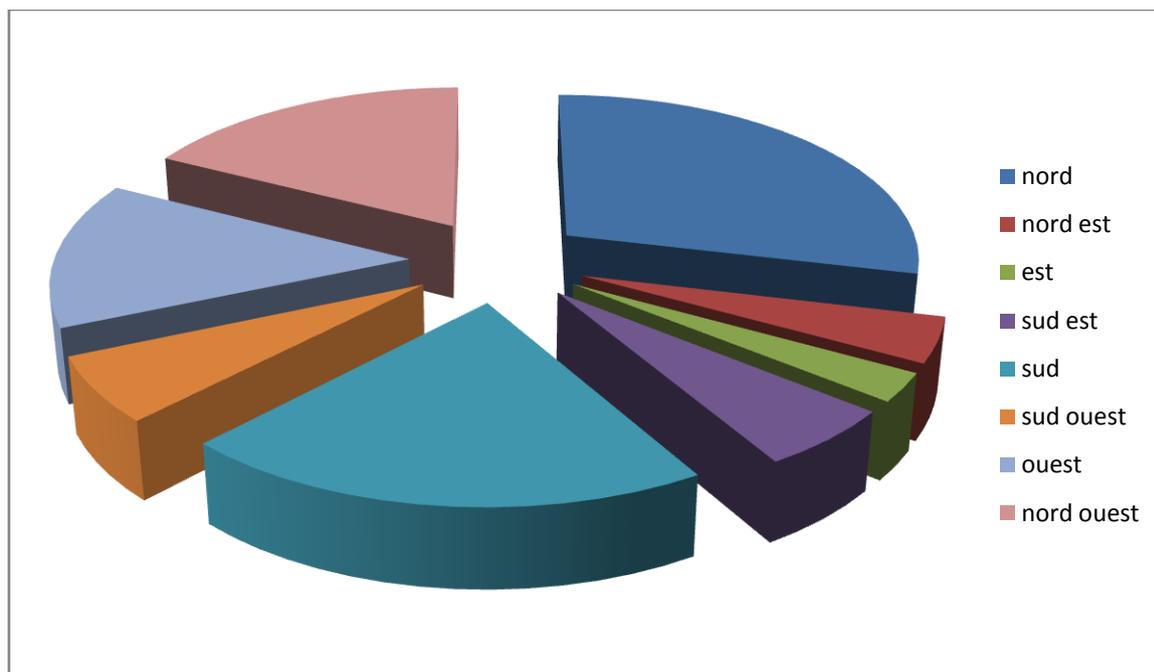


Figure16 : la fréquence des vents selon la direction en %.

Dans notre région d'étude les vents soufflent fréquemment dans des directions instables et à différentes intensités en fonction des saisons. Les vents les plus fréquents de novembre à avril sont les vent du nord et ouest (secs/humides) et froids. Et les vents de nord ouest averse abondants et pluvieux. Les vents du sud et de sud ouest sont sec et chauds appelé (sirocco). (MELLAL et REGUIG 2010).

Tableau 10 : la vitesse des vents

mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
Vitesse moy du vents M/S	2.4	2.3	2.5	2.7	2.9	2.8	2.8	3	2.9	2.8	2.7	2.7

Source : station météorologie de REBAHIA, sur une période de 30ans.

➤ **le sirocco**

Le sirocco est un vent saharien violent , très sec et très chaud avec une température plus de 40°C ; qui souffle sur l'Afrique du Nord et le sud de la mer Méditerranée lorsqu'une masse d'air tropical stationnaire installée sur le Sahara se trouve entre une zone anticyclonique installée à la verticale de la ligne du Tropique du Cancer et une soudaine zone de forte dépression se creusant rapidement au-dessus de la Mer Méditerranée. Le sirocco peut envoyer de très fins grains de sable. Ajouté à la chaleur, ce sable a une couleur jaune rosée.

La durée moyenne de sirocco est de 7 jours/an, il se localise surtout dans les mois de juin, juillet et août, presque 5 jours au cours de ses 3 mois.

L'accentuation de la durée de l'intensité et de la fréquence de ses vents, en l'absence de toute barrière naturelle (forêt, brise, vents, haies, vergé ...) à amplifié l'ensablement de la ville.

Tableau 11 : représentation de la fréquence de la période des vents selon la t° Moy.

direction	Nord	Nord est	Est	Sud Est	Sud	Sud Ouest	Ouest	Nord Ouest
fréquence	14.7	2.2	1.4	2.9	10.6	3.2	7.2	8.9
période	Automne hiver	Automne hiver	Hiver printemps	Printemps été	été	Printemps été	Automne hiver printemps	Hiver printemps
Caractéristiques	Froid et sec	Averse pluvieuse	humide	Chaud et sec	Sirocco chaud et sec	Sirocco chaud et sec	Froid sec ou humide	Averse subite et abondante pluviales

Source : la station de météorologique de REBAHIA, 30 ans.

➤ **température**

La température représente un facteur limitant de toute première importance car elle contrôle l'ensemble des phénomènes métabolique et conditionne de se fait la réparation de la totalité des espèces et des communautés d'être vivants dans la biosphère pris en sans large,

l'intervalle thermique dans lequel la vie est possible est compris entre -200°C et $+100^{\circ}\text{C}$. (F.RAMADE , 1984).

Aucune plante ne vit, ni ne se produit, sans une certaine quantité de chaleur ; et chaque essence forestière exige des conditions thermiques ; bien plus, pour une même espèce, respiration et photosynthèse veulent une température donnée suivant les saisons : c'est l'optimum climatique. (PARDE , 1965) .

La chaleur est nécessaire à la plante pour qu'elle puisse s'exercer les diverses fonctions : respiration, assimilation chlorophyllienne , absorption , qui exigent une température minimum.

La température détermine surtout la répartition des essences dans une région donnée. Toutefois la possibilité de vie d'une essence forestière ne dépend pas seulement de la satisfaction de son besoin en chaleur , on doit aussi tenir compte des températures extrêmes, qui peuvent être très dangereuse (BOUDY,1952).

Les températures moyennes enregistrées durant la période 1983-2012 , un maximum de 26.95°C au mois de juillet et aout , qui restent les mois les plus chauds de l'année.

Le minimum des températures moyennes 8.25°C est enregistré au mois de Janvier.

Quant aux températures extrêmes , le minimum des moyennes mensuelles des températures minimales est enregistré en Janvier, il représente l'unique moyenne avec une valeur de 2.9°C . 36°C est le maximum des moyennes mensuelles des températures maximales, valeur enregistrée en Juillet.

Tableau 12 : variation des températures moyennes minimales et maximales.

Les mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
$T^{\circ}(\text{C})\text{M}$	30	25	18	15	14	15	18	21	26	32	36	36
$T^{\circ}(\text{C})\text{m}$	15	12	7	4	3	3	5	7	10	15	18	19
$T^{\circ}(\text{C})$ $M+m/2$	22.5	18.5	12.5	9.5	8.5	9	11.5	14	18	23.5	27	27.5
$M-m$	15	13	11	11	11	12	13	14	16	17	18	17

Source : station météorologique REBAHIA, sur une période de 30ans :1983-2012).

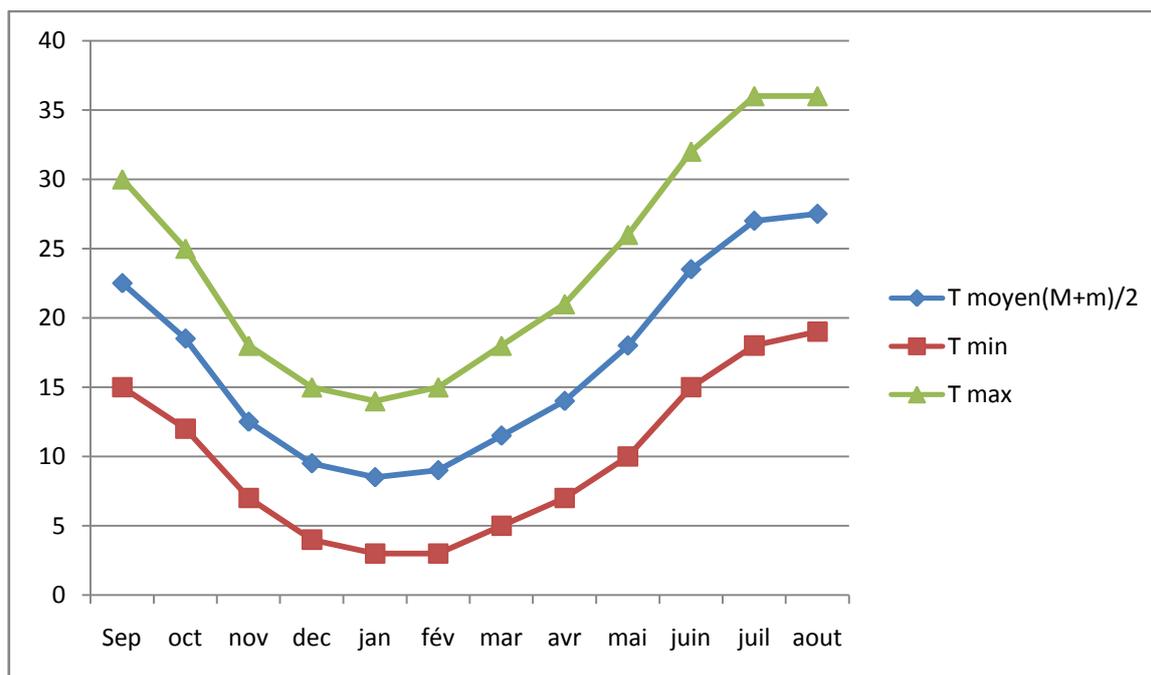


Figure17 : les températures moyennes entre (1983-2012).

3. Synthèse bioclimatique

L'action des facteurs météorologique et très important sur la végétation (sauvage ,1960) in (Aboura Redda, 2006). D'où l'intérêt de formules climatiques proposées par les auteurs pour une étude synthétique du climat recherchant une classification des types de climat qui puisse rendre compte au mieux du comportement de la végétation.

Biologiquement, le climat méditerranéen est avant tout une question de rythme pluviométrique.

En relation avec ce trait, toute vie végétative est dominée par la sécheresse estival (Emberger,1941) in Belgat(2002)).

Il s'agit d'exprimer dans cette étude le degré de sécheresse du climat à partir des données de la température et de la pluviosité qui sont les deux facteurs limitants pour la vie végétale (Belgat, Meziani, 1984).

3.1. Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen

En 1957, Gaussen a élaboré une classification du climat méditerranéen basée sur les rythmes des températures et précipitation au cours de l'année (moyennes mensuelles) (REMICHI, 1984).

Reprenant les travaux de Martonne (1927), Bagnouls et Gaussen (1953) considèrent qu'un mois est sec si la moyenne des précipitations est inférieure ou égale au double de la moyenne des températures ($P \leq 2T$).

Tableau 13 : précipitations et températures moyennes mensuelles (1983-2012).

mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout
P moy (mm)	23	41	44	34	38	36	40	36	31	12	06	12
T(c°)	22.5	18.5	12.5	9.5	8.5	9	11.6	14	18	23.5	27	27.5
2Tm(c°)	45.4	37	25	19	17	18	23.2	28	36	44	54	55

Source : (station météorologique REBAHIA, sur une période de 30 ans : 1983-2012).

On constate qu'on a deux saisons :

Saison humide : c'est une période longue, s'étalant du mois d'Octobre jusqu'à Mai. Nous avons donc sept mois humides pour la zone d'étude.

Saison sèche : c'est la période d'insuffisance pluviométrique, on enregistre un déficit important et des températures élevées. Cette période sèche s'étale de la fin Mai à la mi-octobre. (FIDAH YAMINA ET NAAS SAOUGIA, 2010).

3.2. Le Quotient Pluviométrique et Climat gramme d'EMBERGER :

Proposé par EMBERGER (1936), le quotient pluviométrique est un rapport plus précis faisant appel en plus des précipitations P, la moyenne (M) des maxima du mois le plus chaud et la moyenne (m) des minima du mois le plus froid. L'amplitude extrême (M-m) rend compte de l'évaporation. (SAHMOUNE F, 2001).

La proposition d'EMBERGER a été simplifiée par STEWART en 1969 (in DEKHINAT, 2005) pour l'Algérie et le Maroc par la formule suivante :

$$Q = 1000P / (M + m) / 2 \times (M + m)$$

La valeur $(M+m)/2$ du fait de son expression en degrés Kelvin varie peu : Stewart l'assimile à une constante $k=3.43$, d'où le quotient $Q = 3.43 \times (P/m-m)$. (Stewart 1969).

La classification la plus souvent utilisée a été élaborée par EMBERGER en utilisant un diagramme bidimensionnel dans lequel la valeur d'un « quotient pluviothermique » d'une localité déterminée est en ordonnée et la moyenne du mois le plus froid de l'année en abscisse

P : précipitation moyenne annuelle (mm).

3.3. L'indice d'aridité de DEMARTONNE :

Cet indice a été très largement utilisé du fait de sa simplicité, il permet de caractériser le pouvoir évaporant de l'air à partir de la température (Guyot, 1997) avec la variation correspond au changement d'écoulement de l'eau pour une zone donnée (Hufty, 2011).

L'indice d'aridité annuelle est défini comme suite : $I = P/T + 10$ ou :

- P : précipitations annuelles en millimètre.
- T : température moyenne annuelle en °C.

De Martonne a proposé ainsi la classification des climats en fonction des valeurs de cet indice, cette classification du climat est donnée dans le tableau 7 où un indice de 20 représente la limite de la sécheresse (Hufty, 2001 in KERRACHE G, 2011).

Tableau 14 : Classification des climats selon la valeur de l'indice d'aridité (Guyot, 1997 in KERRACHE G, 2011).

<i>Valeur de l'indice</i>	<i>type de climat</i>
$0 < I < 5$	<i>Hyper-aride</i>
$5 < I < 10$	<i>Aride</i>
$10 < I < 20$	<i>Semi-aride</i>
$20 < I < 30$	<i>Semi-humide</i>
$30 < I < 55$	<i>Humide</i>

Avec les paramètres de la station :

- $P = 353\text{mm}$.
- $T = 16.84^\circ\text{C}$.
- $I = 353/10 + 16.84 = 13.15$.

L'indice d'aridité de la station de Saida est de 13.15 donc la région à un climat semi-aride.

$$a-12p/(t+10)$$

Avec : P : total des précipitations mensuelles (mm).

T : températures moyennes mensuelles (°C).

Tableau 15 : l'indice d'aridité mensuelle.

mois	sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fév	Mar	Avr	mai	Juin	Juil	aout
I (men)	7.35	17.20	20.22	22.32	24.32	22.76	20.75	16.85	11.71	4	1.62	3.24

D'après les calculs de l'indice d'aridité mensuelle on conclue que l'été est très sec et l'aridité commence au début de mai jusqu'à octobre (06 mois).

Le mois de juillet est extrêmement sec et il est le mois le plus sec de l'année suivi par le mois juin, aout et septembre. (Halima , 2010).

4. Aspects démographiques et socio-économiques

Les assises du développement socio-économique de la commune sont appréhendées à travers les principales infrastructures, les équipements, le potentiel agricole et humain. C'est un territoire relativement plat, ou les pentes sont faibles et ne dépassent généralement pas les 3%, avec une altitude de 1020 mètres ; elles diminuent du Sud vers le Nord et augmentent ensuite de l'Ouest vers l'Est. Ces caractéristiques topographiques facilitent les agglomérations et l'urbanisation du village.

L'agglomération de Tircine est entourée par des terrains à rendement variable.

- Dans la partie Nord, le village est entouré par des terrains à rendement faible.
- au Nord Est par des terrains à rendement moyen et des terrains incultes.
- Au Sud Est, il est entouré par des terrains à rendement moyen.
- Dans la partie Sud on trouve des terrains à rendement faible.
- Dans la partie Ouest, le village est entouré par un terrain à rendement bon.

5. Tourisme

Une activité complémentaire diversifiant la vocation de la commune ; et son potentiel touristique jugé riche et mais peu valorisé.

Les caractéristiques naturelles de la commune confèrent un site indéniable depuis longtemps reconnu: Le tourisme est insuffisamment exploité, il recèle- la Zone touristique De ghighat et oucit près de tifrit daté en générale de l'âge préhistorique ; de 100 hectares, principalement de boisement (forêt aménagée de loisirs).

Partie Expérimentale

➤ *Première partie*

1. Synthèse sur la régénération de thuya et l'effet des feux de forêt sur cette espèce

1. Régénération du thuya

La régénération de thuya est assurée par rejet de souche, par semis et par plantation.

1.1. Régénération par semi

La régénération naturelle par semis ne participe qu'à titre occasionnel et complémentaire aux autres modes de multiplication de thuya (Boudy, 1950). Elle ne se manifeste que rarement en raison de l'influence du surpâturage, de la dégradation du couvert végétal et par conséquent l'érosion du sol. L'irrégularité des précipitations constitue aussi un facteur limitant pour ce type de régénération (Ben Abid, 1976).

1.2. Régénération par rejets de souche

Le thuya est parmi les rares résineux qui ont la faculté d'émettre des rejets de souches. La régénération est assurée par rejets de souche, il en résulte qu'à l'état actuel, la majorité des *tétraclinaires* est traitée en taillis. La faculté de rejeter les souches peut aller jusqu'à l'âge de 250 ans (Boudy, 1952).

1.3. Régénération par plantation

A l'exception de quelques plantations réalisées au cours des années 1950-1960 à l'est du pays, cette essence a été délaissée par le reboiseur. Celui-ci l'a exclu du programme régulier du Plan National de Reboisement (PNR) et ne l'a retenue que dans le cadre du programme prospectif.



Figure 18: Régénération du thuya dans la zone d'étude.



Figure19: la régénération poste incendie du thuya

2. FACTEURS DE DEGRADATION DES PEUPELEMENTS DE THUYA

L'aire du thuya a fortement régressé sous l'effet de l'action anthropique. Il aurait occupé, en Algérie, en 1950, une superficie de 161.000 ha, actuellement il s'étend sur un peu plus de 141.000 ha (MAATOUG, 2003). Toutefois, il convient de signaler que les écosystèmes à thuya offrent une grande résilience qui leur permet une restauration rapide après toute perturbation non exagérée. Le thuya réagit par une régénération naturelle, qui se produit aisément si les conditions écologiques le permettent et il rejette vigoureusement de souche lorsqu'il est coupé (H.C.E.F.L.C.D, 2013). Les incendies de forêt provoqués par diverses causes d'origine essentiellement anthropique, l'irrégularité de la régénération naturelle par semis suite à la sécheresse et l'insuffisance des précipitations, leur disparition progressive et l'impossibilité de pratiquer une sylviculture rationnelle sous l'effet de la pression anthropique sont des processus très actuels. Les facteurs en cause sont le surpâturage, la surexploitation du bois et l'utilisation des forêts comme réserve de terres de culture (H.C.E.F.L.C.D, 2013). Dans ce contexte, BENABID (1984) signale que les principaux problèmes qui sont à l'origine du déclin des formations à thuya sont :

1-Le pâturage en forêt : le pâturage est à la base de l'économie locale dans de nombreuses régions. En effet, dans les deux zones d'études qui sont d'ailleurs des zones montagneuses, où les cultures sont limitées dans le temps et dans l'espace, l'élevage constitue la première et pour certains foyers, la seule ressource agricole. Or, de toutes les espèces animales composant le bétail, la chèvre est la plus rustique et la mieux adaptée aux conditions écologiques, mais aussi la plus dangereuse puisqu'elle se nourrit, essentiellement du feuillage coriace des arbres et arbustes. Le problème du pâturage en forêt reste, pour de nombreux pays du pourtour méditerranéen, l'une des préoccupations fondamentales des aménagistes sylvo-pastoraux. Ainsi le pâturage agit de deux manières sur la régénération, d'une part il participe au tassement du sol ce qui compromet l'ancrage des racines des semences, d'autre part le troupeau broute les jeunes semis encore tendres et décapite les bourgeons terminaux des jeunes plants, ce qui bloque leur croissance en hauteur. A ce propos, SIMONE (1997) souligne que conjointement au déboisement, cette charge pastorale n'a fait que renforcer le déséquilibre créé en empêchant les jeunes repousses et les rejets de se développer (ils sont fréquemment broutés et suite au piétinement du sol il y aura une réduction de la biomasse sur pied et une destruction de tissus foliaires.

2 -Défrichements et coupes illicites : Les peuplements forestiers subissent des mutilations, des coupes défectueuses, ou carrément, des défrichements qui sont perpétrés par les

Partie expérimentale

populations riveraines en vue de satisfaire leurs propres besoins. En effet, le thuya de Berbérie est une essence forestière ayant subi d'importantes mutilations, la récolte de la gomme sandaraque était une pratique courante et assurait les revenus de la population riveraine jusqu'au XXe siècle avant d'être complètement interdite aujourd'hui. Par ailleurs, le commerce du thuya, travaillé en marqueterie principalement mais aussi en ébénisterie, a pris une ampleur sans précédent. Le bois de souche (loupe) beaucoup plus noble que le fût est bien entendu plus recherché. D'où l'impossibilité pour certains sujets de rejeter (SIMONE, 1997). La destruction est efficacement assurée.

3- Incendies de forêts : Comme le soulignait SIMONE (1997), parmi les agressions que subit la forêt de l'Oranie, l'incendie est le plus grave. Non seulement il peut entraîner la destruction totale de la végétation, mais il altère le sol, enlaidit le paysage et compromet souvent la reconstitution végétale. Les causes de déclenchement de l'incendie ont des origines humaines (malveillance, imprudence, travaux forestiers,...), biologiques (nature de sous-bois) et climatiques (sécheresse, déficit en eau et l'élévation de la température). Les incendies de forêt dans le bassin méditerranéen dépendent pour une bonne part des conditions climatiques dominantes. Des étés prolongés s'étendant de juin à octobre et parfois plus longtemps, avec une absence éventuelle de pluie et des températures diurnes moyennes bien supérieures à 30 °C réduisent la teneur en eau de la litière forestière à moins de 5 %. En règle générale, les conditions climatiques de l'année en cours et de celle qui précède sont déterminantes, aussi bien les précipitations qui jouent un rôle décisif dans le bilan hydrique des sols et donc du végétal, que les températures qui règlent la production de biomasse, l'évapotranspiration et rendent le végétal plus ou moins inflammable et combustible (MEDDOUR-SAHAR et al., 2010).

4- Absence des traitements sylvicoles : La connaissance de la signification écologique des écosystèmes forestiers, de leur structure dans les conditions optimales et de leur dynamique, s'avère fondamentale pour définir les principaux axes des traitements sylvicoles (BENABID, 1984). En absence d'une culture adéquate, les peuplements de thuya ne cessent de se dégrader de plus en plus. Les aménagements forestiers réalisés ont un but de protection et non d'exploitation, du moins pour le moment. Le milieu montagnard reste très vulnérable et toute nouvelle atteinte à son couvert végétal correspondrait à un déséquilibre supplémentaire.

5-Ennemis d'origine animale : Le thuya est attaqué par plusieurs insectes ; le bois est miné par de nombreux coléoptères, dont les principaux sont : *Icosium tomentosum* H. Luc qui hâte la mort des arbres dépérissants ou âgés, *Phlaeosinus bicolor* Brullé destructeur des petits rameaux, *Sinoxylon sexdentatum* Ol., mineur des petites branches. Le feuillage est brouté par

Partie expérimentale

plusieurs chenilles de lépidoptères : *Taragama repandum* Hb., *Litophane leautieri* Boisd., *Boarmia rungisi* Warn. et Alb., *Pachypasa lineosa* Vill., ...etc. Les cônes sont détruits (semences comprises) par la chenille du lépidoptère Tortricide *Evetria tessulatanna* Strg. Des pucerons, *Panimerus thuyae* De Geer, *Panimerus thuyaefoliae* Theo. et plusieurs cochenilles, *Carulaspis visci* Schrk., *Lineaspis striata* Newst., *Carulaspis atlantica* Lind., provoquent des dessèchements des pousses et du feuillage (IONESCO & SAUVAGE, 1969).

➤ Deuxième partie

1. Méthode d'étude

Dans le cadre de notre travail nous avons choisie trois stations incendiés dans la forêt de Ben Alouche sont successivement :

- Station 01 : appelée BOUCHENKAR
- Station 02 : appelée MESIDIRA
- Station 03 : appelée HASSI EL BYOUD

Les trois sites sont incendiés dans les années 2013 et 2019, mais le troisième site HASSI EL BYOUD est incendié deux fois dans l'année 2013 et 2019



Figure 20 : les trois stations étudiées dans la forêt de Ben Alouche .

Dans chaque station on a effectuée un relevé floristique des principales espèces accompagnatrices du thuya et l'état de régénération du thuya de berberie après les deux grands incendies.



Figure 21 : FORET BEN ALOCHE (STATION 01, BOUCHENKAR, INCENDIE 2019)



Figure 22 : FORET BEN ALOUCHE (STATION 02, MESIDIRA, INCENDIE 2013)

2. L'étape analytique:

L'étude des groupements végétaux sur le terrain se fait essentiellement à l'aide de la méthode des relevés qui consiste à choisir des emplacements aussi typiques que possibles et à noter les conditions du milieu, la liste des espèces et pour chacune de celles-ci, un ensemble de notations destinées à définir le plus exactement possible la place et le rôle qu'elle tient dans l'association et l'indication de la régénération post incendie du *Tetraclinis articulata*.

3. Indication pour chaque station :

- 1- Lieu.
- 2- Numéros de relevés. .
- 5- Coordonnées géographique :
 - Altitude.
 - Latitude.
 - Longitudes.

4. Matériels utilisés:

- Un GPS (Global Position System).
- Un appareil photo numérique.

5. L'utilisation de matériel:

- Le GPS est utilisé pour déterminer les coordonnées géographiques et l'altitude.
- L'appareil photo numérique est utilisé pour prendre des photos des espèces et de la zone d'étude.

6. Station numéro 01 : BOUCHENKAR

La date : 12/03/20120

Commune de Tircine

Conton : BOUCHENKAR

Foret domaniale : Tircine

Les coordonnées de la station :

- Latitude 34.900458° Altitude : 1075 mètre.
- Longitude 0.678530°

1. Liste des espèces existantes :

- L'espèce dominante c'est le thuya de berberie

Tableau 16 : les espèces dans la station 01

Les espèces	Nom scientifique	La famille
Thuya de berberie	<i>Tetraclinis articulata</i>	<i>Cupressaceae</i>
romarin	<i>Salvia rosmarinus</i>	<i>Lamiacées</i>
filaire	<i>Phillyrea angustifolia</i>	<i>Oléacées</i>
genévrier oxycédre	<i>juniperus oxycedrus</i>	<i>Cupressacées</i>
palmier nain	<i>Chamaerops humilis</i>	<i>Arecaceae</i>
pistachier lentisque	<i>pistacia lentiscus</i>	<i>Anacardiaceae</i>
férule commune	<i>ferula communis</i>	<i>Apiacées</i>
Asphodèle	<i>asphodelus microcarpus</i>	<i>Liliacées</i>
Alfa	<i>Stipa tenacissima</i>	<i>Poaceae</i>



Figure 23: Le romarin (*Salvia rosmarinus*)



Figure 24 : le filaire (*phillyrea angustifolia*)



Figure 25 : le genévrier oxycède : (*juniperus oxycedrus*)



Figure 26: le palmier nain : (*Chamaerops humilis*)



Figure 27 : pistachier lentisque (*pistacia lentiscus*)



Figure 28 : férule commune : (*ferula communis*)



Figure 29 : asphodèle : (*asphodelus microcarpus*)



Figure 30 : (Alfa : *stipa tenacissima*)

7. Station numéro 02 : MESIDIRA incendié en 2013

- La date : 12/03/2020
- Conton : Bouchonkar
- FD : Tircine

1. Les coordonnées géographiques :

- latitude 34.891316° Altitude : 1098 mètres.
- longitude 0.657980°

2. Les espèces existantes dans cette station

- L'espèce dominante c'est l'alpha

Tableau 17 : les espèces dans la station 02

Les espèces	Nom scientifique	La famille
Thuya de berberie	<i>Tetraclinis articulata</i>	Cupressaceae
Marrube blanc	<i>marrubium vulgare</i>	Lamiacées
Chêne vert	<i>Quercus ilex</i>	Fagacées
pistachier de l'atlas	<i>pistacia atlantica</i>	Anacardiaceae
- Iris germanica	<i>Iris florentina</i>	Iridacées
Armoise blanche	<i>artemisia herba-alba</i>	Asteracées
Alfa	<i>Stipa tenacissima</i>	Poacées
Palmier nain	<i>Chamaerops humilis</i>	Graminées



Figure 31 : Chêne vert (*Quercus ilex*)



Figure 32 : Marrube blanc (*marrubium vulgare*)

8. Station numéro 03 : HASSI EL BYOUD incendié en 2013 et en 2019

- La date : 12/03/2020
- Conton : Bouchonkar
- Forêt domanial : Tircine

1. les coordonnées géographiques

- latitude 34.90041988 Altitude : 1090 mètres.
- longitude 0.6782455

2. les espèces plus remarquables sur ce site :

- l'espèce dominante sur ce site c'est le thuya de berberie

Tableau 18 : les espèces dans la station 03

Les espèces	Nom scientifique	La famille
Thuya de berberie	<i>Tetraclinis articulata</i>	Cupressaceae
Marrube blanc	<i>Marrubium vulgare</i>	Lamiacées
Chêne vert	<i>Quercus ilex</i>	Fagacées
Asphodèle	<i>Asphodelus microcarpus</i>	Liliacées
Férule commune	<i>ferula communis</i>	Apiacées
Alfa	<i>Stipa tenacissima</i>	Poacées

3. Résultat et discussion

Le thuya de Berberie (*Tetraclinis articulata*), espèce résineuse de la famille des Cupressacées, constitue un élément important de la végétation Nord africaine (Maroc, Algérie, Tunisie), puisqu'il couvre plus d'un million d'hectares. C'est l'un des rares résineux capable de rejeter sur souche. La densité des peuplements varie suivant les milieux entre 1000 et 8000 tiges/ ha .

Le thuya est une essence de lumière thermophile et xérophile caractérisée par ses faibles exigences en eau, de 300 à 500 mm par an. Son optimum écologique est lié à l'étage bioclimatique semi-aride à variante tempérée douce, chaude et très chaude ; il se développe aussi en étage sub-humide à variante chaude, douce et tempérée sur sol filtrant (calcaire) ; il craint les froids humides et préfère les expositions chaudes (Quézel, 2000).

Partie expérimentale

Les écosystèmes à thuya sont menacés par différentes formes de dégradation dont les incendies constituent la cause la plus importante. Les formations qu'ils constituent connaissent actuellement une régression alarmante, malgré leur pouvoir de régénération exceptionnel par rejets de souche (TERRAS, 2008)

Peu de travaux et d'études consacrés à la croissance du thuya après incendie ont été réalisés. Selon HADJADJ-AOUL et al (2009), *Tetraclinis articulata* est une essence monoïque, qui dépasse rarement 6 à 8 m de hauteur et atteint 30 cm en diamètre en moyenne. Quelques vieux sujets, jusqu'à 20 m de haut pour 1 m de diamètre ont été observés, mais cela reste très rare.

D'après le même auteur, les *Tetraclinis* fructifères ont 5 à 6 mm de diamètre, rouge brun à maturité avec une écorce mince, lisse et sombre, très riche en tanin

L'arbre fleurit en automne (octobre) et fructifie l'été suivant (juin-juillet). Cette fructification démarre vers l'âge de 15 ans et se répète tous les deux à trois ans jusqu'à un âge très avancé (Boudy, 1952).

Aussi l'exploitation des souches mortes qui fournissent la loupe de thuya, est une pratique qui met en danger la survie de cette essence dont la régénération est difficile et la croissance est lente (H.C.E.F.L.C.D, 2013)

Selon nos observations sur les sites incendiés (forêt de BEN ALOUCHE commune de Tircine); La régénération de thuya de berbère est assurée par rejets de souche. le thuya a commencé à émettre des rejets et à coloniser l'espace incendié, à la suite de quelques espèces de son cortège floristique après les deux incendies de 2013 et 2019. la même observation pour les autres espèces (feuillus) tel que : le chêne vert, le chêne kermès, la filaire, le pistachier lentisque et le palmier nain.

• Comportement du thuya après incendie

Le *Tetraclinum*, comme déjà souligné, est soumis dans la forêt de BEN ALOUCHE a été ravagée par le feu en 2013 et en juillet 2019. Ce groupement végétal est vital pour assurer la pérennité de la couverture végétale en bioclimat semi aride chaud, en raison de ses capacités à rejeter et à recoloniser l'espace, chaque fois qu'il est détruit. Cette espèce est donc à préserver en toute priorité (BENABDELI, 1992).

Partie expérimentale

Malgré tout, le thuya présente des accroissements moyens annuels, tant en hauteur qu'en diamètre, appréciables et comparable, bien que légèrement inférieurs, à celui d'autres espèces réputées à croissance rapide dans l'étage semi-aride et largement utilisées dans les reboisements en Algérie.

Les peuplements du thuya semblent ne se régénérer que par multiplication végétative c'est-à-dire par rejets (phénomène rare chez les gymnospermes) et seraient donc caractérisés par une régénération naturelle déficiente en semis au vu de l'importante quantité de semences produites. (Hadjadj 2009).

Le thuya se caractérise par une lenteur dans l'occupation de l'espace, il arrive avec le temps à recoloniser son aire. Après incendie, le thuya arrive à se développer et reconstituer son groupement végétal

Chapitre : 4

les aménagements poste incendie

1. Détermination du risque d'incendie

La lutte contre un incendie de forêt, ne peut être efficace que si un plan d'action a été préétabli. Ce plan d'action doit tenir compte de toutes les hypothèses possibles. L'opération de préparation et généralement négligée dans l'action opérationnelle et réduit très souvent aux chefs de groupes chargés de la lutte. L'établissement d'un plan d'attaque demande beaucoup de réflexion. En effet quel que soit l'ampleur de la lutte à mener, la nécessité de suivre les codifications inscrites sur la carte est inéluctable. C'est dans ce contexte qu'on est amené à l'établissement des cartes des risques de danger d'incendie qui sera suivie par la réalisation de la carte des difficultés de lutte anti-incendie.

Dans ce chapitre la mise en place d'un plan de protection et d'aménagement de la zone d'étude devient une nécessité qui exige des techniques de restauration des sols, pour prendre en considération l'efficacité des ouvrages et le développement durable de la région.

Le développement durable est défini par (BENABDELLI ,K 1998) comme un processus qui tend à concilier un développement économique et social basé sur une justice sociale et une gestion de l'environnement . Il apparait donc clair que l'utilisation rationnelle des ressources doit se baser sur une conciliation entre le développement économique et la protection de l'environnement.

Il a été défini également lors de la conférence mondiale sur l'environnement de 1987 comme étant le développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures et de répondre aux leurs.

Les orientations d'aménagement préconisées pour notre première d'étude doivent viser l'amorce d'une dynamique au sein de cet espace en s'appuyant en priorité sur la valorisation et la protection des ressources et des potentialités locales. Il s'agirait en effet de développer une économie qui doit être basée foncièrement sur la promotion de l'activité agricole en recherchant des relations de complémentarité entre les espaces montagneux et les espaces de plaines.

Le plan d'aménagement se propose donc de créer un nouvel ordre en vue d'une meilleure disposition et une meilleure occupation de l'espace. Pour se faire et afin de parvenir à un développement harmonieux des écosystèmes et des espaces entre eux et avec leurs utilisateurs sans grandes nuisances à la nature (facteurs du milieu dans leur ensemble), Il est nécessaire que toute action menée sur le terrain soit appréhendée dans une approche intégrée.

Les interventions isolées ou ponctuelles sont à proscrire autant que possible (HEYMANS et SINSIN 1988).

Chapitre04 : Les aménagements post incendie

Les objectifs majeurs sont de concevoir un aménagement de l'espace considéré en créant une symbiose entre les potentialités naturelles et les contraintes physiques et socioéconomique, et si possible :

- Un usage rationnel et plus équilibré des terres par la mise en valeur des potentialités naturelles en faisant appel aux savoirs faire locaux.
- Une nouvelle distribution des espaces.
- Une valorisation des ressources existantes.
- Une intégration cohérente des activités agricoles, forestières et pastorales.
- Une protection et une conservation des ressources naturelles.
- Un respect des normes élémentaires de l'écologie.
- La création de nouveaux emplois, la stabilisation des populations éparses et l'amélioration des conditions socioéconomiques des populations rurales.

Les propositions d'aménagements sont fonctions de l'intensité de l'érosion dans chaque zone selon l'échelle des priorités à l'intervention.

Nous avons répartie nos propositions d'aménagement dans ce périmètre d'étude sur trois espaces :

- Les espaces forestiers.
- Les espaces agricoles.
- Les espaces de parcours.

La lutte contre les incendies

1. La lutte préventive

La prévention est l'ensemble des moyens destinés à empêcher la naissance du feu donc leur objectif est la réduction du nombre d'incendies des forêts . La prévention comprend quatre types d'actions.

1.1. Connaître le risque des feux du foret

Sol (1990) , démontre qu'il faut connaître les conditions météorologiques (vent, température, humidité, couverture nuageuse) , et les prévisions des risques météorologiques au jour le jour, pour la mise en place des moyens à tire préventif . chautrand (1974) , jusque qu'il faut prendre en compte la structure du combustible , son état de siccité et sa répartition.

1.2. Surveiller les forêts pour détecter des départs de feux et intervenir rapidement

- Renforcement des infrastructures en matière de défense des forêts contre les incendies (pistes et routes forestières, poste vigie, points d'eau).
- La route est indisponible pour accéder rapidement sur les lieux de l'incendie avec tous les moyens nécessaires (chautrand, 1974) .
- Tranchée par feu (T.P.F) joue deux rôles en même temps, il permet d'une part de servir d'obstacle au feu en lui créant une rupture de combustibles et d'autre part de jouer le rôle de voie d'accès pour les engins de lutte contre l'incendie (Si Bachir , 2008).
- Moyens aériens une surveillance aérienne doit être assurée durant toute la période sèche.
- La Cartographie et l'analyse de l'espace, devraient permettre la mise au point de programmes de prévention et de plans d'intervention ciblés tenant compte de l'occupation de l'espaces et de son évolution prévisible : déprise agricole, extension urbaine, reforestation, ect .(chevrou, 1998) .

1.3. Equiper, aménager et entretenir l'espace rural dont l'espace forestier

Les plans de protection sont devenus fort complexes car ils intègrent à la fois des aménagements de prévention pouvant mobiliser la sylviculture et l'agriculture, des travaux spécialisés (débroussaillage), des équipements de surveillance et l' intervention parfois de haute technicité, débroussaillage : il consiste à couper et à éliminer les broussailles et arbres morts ou dominés, à réduire la densité des arbres et à élaguer certains d'entre eux (Rosenberg , 2001).

1.4. Informer la population

Adaptée aux différentes populations, cette information prend actuellement des formes multiples :

- Education en milieu scolaire (classe vertes, sites éducatifs, écomusées ...), formation professionnelle ou adaptation à l'emploi (formation des forestiers, des sapeurs-pompiers, des élus).

- Information et sensibilisation des usagers occasionnels, des estivants, des propriétaires, des chasseurs.
- Echanges d'information, croisées multi partenariales réunissant tous les acteurs concernés par les feux de forets (Rosenberg , 2001) .

Selon chevrou (2005), toute personne doit respecter les règles de base suivante, afin de ne pas déclencher de feu par inadvertance :

- Ne pas faire de feu dans l'espace végétal.
- Ne jamais jeter un mégot, et interdire aux enfants de jouer avec des allumettes.

1.5. Les essences de protection biologique contre les incendies

Selon Letreuch-Belarouci (1995), essayons de tracer un profil-type d'une de ses essences :

C'est un feuillu ou résineux à ombrage dense et inflammable ; la réduction de l'intensité lumineuse arrivant au sol doit être important. L'essence doit être peu sensible à l'échauffement, soit par une écorce liégeuse, soit par une écorce épaisse. La reproduction végétative doit être possible et la régénération générative doit être active, elles doivent activer le cycle de production des matières humiques, il serait bon qu'elles puissent assumer d'autres rôles : production et rôle esthétique. Des essences comme *Ulmus campestris L*, *Celtis australis L*, *Pistacia atlantica* sont préconisées.

2. La lutte active

Elle est dirigée par un service central qui collecte les données et dirige les équipes de lutte et de surveillance pré et post-incendies.

2.1. Les moyens de lutte contre les incendies

En plus des moyens humains et parmi les moyens matériels on peut citer selon Loukil (1985) :

- **Camion citerne feux forêt (CCMff) :** le CCMff est un véhicule porteur d'eau, tous terrains, équipé de motopompe portable, utilisé en particulier pour l'extinction des incendies des forets, de maquis et de broussailles.
- **Camion citerne lourd feux de forets (CCLff) :** est un véhicule porteur d'eau équipé d'une motopompe portable, utilisé en particulier par les services de secours et de lutte contre l'incendie en zones rurale, semi-rurale ou forestières.



- **Figure 29 : la moyenne matérielle de lutte contre les incendie (camion citerne feu de forêt)**



Figure 30 : véhicule porteur d'eau

3. prévention

3.1. Réseau radio

Selon Grim (1989), chaque wilaya forestière est dotée à partir de 1981 d'un réseau radio dont la fiabilité se révéla conséquente dès sa première année de fonctionnement. Chaque service forestier est pourvu d'un ensemble de réseau V.H.F, regroupés au niveau des salles de coordination régionales, reliées elles-mêmes à une salle de coordination centrale implantée à Alger, au siège de la Direction Générale des forêts . Le sous réseau de wilaya comporte de une à quatre stations relais, édifiées sur des sommets. La circonscription est dotée d'une station coordinatrice secondaire : districts forestières, triages, postes vigies, brigades, mobiles, certaines maisons forestières. La fin de l'année 1985, 2000 équipements radio étaient en fonctionnement.

3.2. Réseau de prévention météorologique

Le service forestier a procédé à l'installation de 20 postes météorologiques dans la zone sensible aux fins de déterminer, quotidiennement en période estival, les indices de danger de propagation du feu.

3.3. Patrouilles de surveillance et d'intervention

Ces équipes mobiles interviennent dans la prévention et dans la première phase de lutte contre les feux de forêts. Composées de 4 agents équipés de petit matériel d'intervention, ces brigades sont en nombre de 270 en 1985.

3.4. Chantiers d'entretien et d'intervention

Sur chaque territoire de 25000 ha environ un chantier d'entretien et d'intervention composé d'une cinquantaine de personnes. Des propositions ont été faites en vue de réunir les moyens financiers permettant l'installation de 130 chantiers en période estivale pourvus chacun d'un important matériel : 2 camions feux de forêts, 2 camions transport, des broussailleuses, tronçonneuses et aussi et surtout un poste radio et un véhicules tout terrain pour l'intervention rapide en cas d'incendies.

3.5. Education et sensibilisation du public

Un programme de formation du public à la prévention contre les feux des forêts est depuis 1980, mis en application par voie d'affiches, de panneaux routiers, de prospectus et émission télévisée.

2. Protection contre les incendies

Dans le domaine de la prévention les interventions sont aussi de différents ordres :

- L'élaboration d'un dispositif anti-incendie avant le lancement de la campagne de lutte préventive et active contre les incendies de forêts.
- L'aménagement des infrastructures forestière, parmi les quelles on peut citer :
 - ❖ Aménagement des deux postes vigies existants, ces poste doit être bien équipé pour assurer pleinement leurs fonctions.
 - ❖ La mise en place d'un poste de vigie au niveau pour assurer la surveillance de la partie du forêt.

- ❖ La mise en place des tranchées pare-feux dans la forêt et surtout sous la ligne électrique à haut tension qui passe au fond de la forêt par la SONELGAZ.
- ❖ L'aménagement et la réalisation des points d'eau, et la construction des réservoirs répartir le long des chemins et de pistes pour une intervention rapide lors des incendies.
- ❖ L'ouverture, la réouverture et l'aménagement des pistes.

1. La protection des espaces forestiers contre les incendies

Le contrôle sélectif de la strate inférieure de la végétation des pare feux arborés laisse subsister de végétaux ligneux plus ou moins nanifiées. une flore généralement herbacée envahit assez rapidement ces formations basses clairières. Cette flore de substitution présente un inconvénient grave si son développement est important car elle se dessèche annuellement.

Cette évolution floristique varie avec les stations et les traitements, les interventions manuelles ou mécaniques ayant d'ailleurs des effets de même nature, à la conséquence cependant sensiblement différentes. Elle doit être contrariée par l'introduction d'espèces arborées, autochtones ou exotiques, destinée à la reconstitution du forêt.

Le risque d'incendie n'est jamais totalement éliminé ou écarté. Il est seulement diminué et sa nature en est modifiée (*CLAUDOT 1970*). Pour diminuer l'intensité de ces feux sur la forêt de notre périmètre d'étude nous proposons les équipements et les infrastructures forestières suivants :

1.1. Les pistes forestières : Compte tenue de son relief accidenté, les accès aux parties boisées dans la zone d'étude demeurent très insuffisant. Des travaux d'ouverture et d'aménagement de pistes ont été entrepris depuis l'indépendance toutefois beaucoup d'efforts restent encore à déployer pour améliorer la situation à fin de faciliter la réalisation des travaux sylvicoles et augmenter la rapidité d'intervention en cas des incendies. Le réseau de voirie de voirie atteint entre 3 et 6 km/km². Les plates fromes routières se justifier par la nécessité d'arriver rapidement sur le lieu de sinistre et de permettre le croisement des engins de secoure.



Figure 35 : ouverture et aménagement des pistes forestières

1.2. Les tranchés par feu « TPF »

Les tranchés par feu constituent un bon moyen de prévention et d'isolement des incendies.



Figure 36 : ouverture et entretien des tranchés pare feu

1.3. Les postes de vigie

La forêt doit disposer d'un poste de vigie au moins qui domine largement les massifs forestiers de par sa situation géographique (sommets de crêtes).

Ce poste doit être bien équipé pour assurer pleinement sa fonction.



Figure 37 : les postes de vigie

1.4. Les points d'eau

L'eau constitue un moyen très efficace pour la lutte contre les incendies de forêts est très peu abondant au niveau de la zone. Donc il est conseillé d'augmenter le nombre des points d'eau pour faciliter l'intervention contre les incendies.



Figure 38 : construction et aménagements des points d'eau

2. Les travaux et traitements sylvicoles du foret :

Théoriquement, on a plusieurs types de travaux :

*Travaux d'amélioration : on les pratique dans les stades suivants :

- Dégagement : cas des semées.
- Dégagement et dépressage : stade fourré.
- Nettoiement : cas du gaulé.
- Eclaircie : cas du bas perchis.

**Coupe de régénération* : cas du haut perchis, jeune futaie et vieille futaie.

Ainsi que : le repeuplement des vides, les travaux d'assainissement après les incendies.

- Dans notre foret, et en raison de l'hétérogénéité des stades de développements, il est très difficile de pratiquer la sylviculture, on peut seulement donner quelques propositions :
Travaux sylvicole au niveau des taillis de chêne vert et thuya, généralement c'est le recepage.

3. Autres propositions

- Les traitements sylvicoles du foret tel que : le repeuplement des vides, le dégagement, le dépressage, l'élague, le nettoiement et les éclaircies.
- Traitement et lutte contre les insectes défoliateurs.
- L'implication de la population locale dans tous les projets d'aménagement, et la prise en charge de leurs besoins.
- La lutte contre le pâturage surtout par la mise en défend des espaces les plus dégradés.
- Parcellaire inventaires forestiers détailler : ces propositions et recommandations ne peuvent être réalisées que si on prend en considération la nature juridique des terres. Les forets domaniaux intégrés nécessitent une nouvelle délimitation avec repérage et reconstruction de bornage.
- Aussi et conformément à la loi 84/12 du 23 juin 1984 portant régime général des forets, il existe des forets et autres types de formations forestières (telles les forets communales et les forets des ex fermes autogérées au domaine forestier national par des opérations cadastrales et des d'éliminations officielles.
- Le découpage du foret en fonction des potentialités et de l'occupation du sol en stations homogènes, cela facilite les travaux sylvicoles.

Chapitre04 : Les aménagements post incendie

La méthode d'identifications d'identification des zones homogènes se résume comme suit :

- Identification des zones géographiques en se basant sur le relief, la nature du sol et l'orographie.
- Analyse actuelle de l'occupation du sol et identification de la vocation potentielle.
- Les ressources cynégétiques de la forêt sont important, la conservation de certaines espèces et la réalisation d'un bon équilibre au niveau de ce potentiel nécessite les mesures suivantes :
 - Protection complète des espèces les plus rares et les plus menacées (Gazelles) et constitution de réserves de chasse.
 - L'organisation des battues pour permis de limiter l'extension du sanglier.
 - La protection du gibier en limitant les terrains de chasse et en appliquant de judicieuses rotations pour les terrains autorisés.
- Création des espaces de tourisme : la forêt offre plusieurs opportunités pour le développement de l'écotourisme par la création éventuelle d'un parc ou simplement de petites aires de détente et de loisirs, qui suppose :
 - Une protection absolue de la flore et de la faune.
 - Une campagne d'explication et justification auprès des riverains.
 - Des mesures draconiennes contre les délinquants.
 - L'élimination progressive du parcours ou de son contrôle .

Toutes ces propositions permettent de minimiser le phénomène de la dégradation de la forêt et assurer un aménagement intégré et un développement durable dans la zone d'étude.

4. Le reboisement

Les travaux de reboisement sont fortement recommandés dans cet espace sensible pour améliorer le taux de boisement actuel. Ils concerneront surtout les terrains dont la pente est supérieure à 25% .

Le reboisement devrait porter sur le choix d'espèces forestières xériques s'adaptant aux conditions édapho-climatique de la zone. Le pin d'Alep (*Pinushalepensis*) est l'unique essence forestière utilisée. Cela s'explique essentiellement de deux façon : la facilité de production de semis en pépinières (disponibilité facilitant l'approvisionnement des chantiers) et la bonne reprise de cette essence dans la zone.

Cependant une diversification des espèces à introduire est souhaitable car le pin d'Alep présente au moins deux inconvénients : sa sensibilité à la chenille processionnaire (*Thaumetopeapytiocampa*) Schiff et sa sensibilité à l'incendie. Cet aspect donne toute son

importance au travail des recherches forestières en matière de diversification. Dans notre périmètre d'étude on peut introduire d'autres espèces que le pin d'Alep comme le caroubier et le genévrier Oxycedre et le chêne vert.

5. La fixation des berges

Pour les berges, la méthode de fixation biologique est la plus efficace, mais les mesures techniques (procédures mécaniques) sont indispensables afin de réduire la vitesse d'écoulement des eaux de ruissellement, la fixation des berges est proposée dans la zone d'étude.

Il est à noter que ces propositions peuvent être réalisés en prenant en considération toujours la nature juridique des terres. Les forêts domaniaux intégrés nécessitent une nouvelle délimitation avec repérage et reconstruction de bornage, car ces opérations n'ont pas été entreprises depuis la période coloniale.

Aussi et conformément à la loi 84/12 du 23 juin 1984 portant régime général des forêts, il existe des forêts et autres types de formations forestières (telles les forêts communales et les forêts des ex fermes autogérées qui nécessitent d'être intégrées au domaine forestier national par des opérations cadastrales et des délimitations officielles.

6. Les espaces agricoles

La conservation des sols dans les zones dégradées du périmètre d'étude, ne doit pas se limiter aux seuls ouvrages de lutte antiérosives mais doit allier aussi différentes pratiques et techniques agricoles qui permettent d'accroître la production et les revenus des paysans, tout en protégeant le sol et en maintenant sa fertilité. Si, dans le passé, des techniques ont été généralisées, d'autres pratiques qui pourraient être efficaces et entables n'ont jamais été testées.

Aujourd'hui, les savoir-faire devraient être repensés dans un sens d'efficacité, de rentabilité et de durabilité. Il s'agit de certaines pratiques rentables, moins coûteuses et facilement reproduites par les paysans, et qui consistent à éviter toutes les actions favorisant le développement de l'érosion hydrique telles que l'abandon des terres, le surpâturage, les travaux du sol inadaptés, le labour suivant la ligne de pente et l'inadaptation de l'arboriculture fruitière.

7. Les principales orientations d'aménagement hydro agricoles porteront sur

1. Les retenus collinaires : Les petites retenus collinaires devront être réalisées à titre individuel par les exploitants eux même de préférence. Ainsi la gestion et l'entretien de ces derniers seront plus efficaces. Il n'est pas possible à ce stade de l'étude de retenir définitivement des sites pour la réalisation de nouvelles retenues.

2. Le travail du sol : doit être basé sur des techniques scientifiques, qui mettent en considération la sensibilité des terres.

8. Conclusion

Les principaux paramètres des composantes du risque feu de forêts : les différents composants intervenant dans le calcul du risque de feu de forêt.

- Caractéristiques climatiques, (pluviométrie, Humidité, Température, vents).
- Caractéristiques socio-économiques, (population, Habitat, Activités).
- Infrastructures de la forêt (Pistes, sentiers, poste de vigie, point d'eau).
- Caractéristiques physiques (Relief, Hydrographie Pédologie...).
- Caractéristiques écologiques (Essence, Densité, Recouvrement, Age, Hauteur, Teneur en eau ...).

Conclusion générale

Conclusion général

L'incendie a des effets immédiats tant écologiques qu'économiques (modification du paysage, destruction de biomasse, perturbation des habitats de la faune,...). Même si à la longue l'écosystème forestier arrive à se reconstituer. Mais comme les forêts sont des puits de carbone, l'incendie fait d'elles des sources d'émission de carbone. Ces forêts abritent des puits de carbone. Ce dernier est libéré dans l'atmosphère, contribuant en partie au réchauffement de la planète. Comme d'autres conséquences, la transformation des paysages qui nécessitent des reboisements ; ils ne peuvent que cicatriser les plaies d'où la nécessité de développer la prévention des feux de forêts au lieu de la lutte.

Un incendie de forêt ; dans un pays aride comme l'Algérie et où le taux de couverture végétal est très faible, est toujours un drame qui marque le paysage de profondes blessures tant écologiques qu'économiques. Les incendies de forêt détruisent en moyenne chaque année 35 000 hectares se traduisant par de longues périodes de reconstitution. L'année 2017 s'est caractérisée par une superficie totale de 53.975 hectares de végétation forestière ravagée par les feux sous l'effet de 2.992 foyers. Cette superficie est composée de 28.841 ha de forêts contre 6.717 ha en 2016, 10.398 ha de matorral contre 5.567 ha en 2016 et 14.745 ha de broussaille contre 14.000 ha. Pour lutter contre les feux de forêts, l'administration forestière comme chaque année met en place un dispositif d'intervention comprenant 405 postes de vigie, un effectif de 1.007 éléments, 481 brigades mobiles mobilisant 2.456 éléments chargés de la première intervention dotés de 309 camions citernes ainsi que 1.217 chantiers totalisant un effectif de 16.604 ouvriers et 2.828 points d'eau. Toute cette mobilisation très coûteuse financièrement n'a pas pu diminuer la superficie incendiée annuellement et le chiffre moyen annuel sur une période de 50 ans fluctue entre 30 et 35 000 hectares.(DGF,2012)

Le feu ne semble pas modifier de façon importante la composition floristique des formations végétales à base de *Tetraclinis articulata*. Concurrencé par des espèces à fort pouvoir de recouvrement comme *Pistacia lentiscus*, *Quercus coccifera*, *Phillyrea angustifolia*, *Rosmarinus tournefortii*, le thuya se caractérise par une lenteur dans l'occupation de l'espace, il arrive avec le temps à recoloniser son aire. Après incendie, le thuya arrive à se développer et reconstituer son groupement végétal, si les conditions pédo climatiques sont favorables.

Références bibliographique

Références bibliographiques

- ABDI Sidi Mohamed : mécanisme de feu ; le flux de chaleur ; combustible
- BASILIU MORETTI : principales caractéristiques d'un feu de forêt ; la propagation du feu
- BENABDELI (1992) : comportement de thuya de berberie après l'incendie
- BENABDELI (1996) : risques incendies de forêt en Algérie
- BEABID (1984) : facteurs de dégradation des peuplements de thuya
- BOUDY (1952) : caractères botanique de thuya, aire de répartition de thuya ; conditions climatiques ; sylviculture et régénération de thuya
- CARBONNELLE et al...(2004) : le comburant
- CEMAGREF (1989) : prise en compte de risque de feu, mécanisme du feu ; action de prévention et de secours
- COLIN et al...(2001) selon ABDI sidi Mohamed : matière sèche
- DANIEL ALEXANDRIAN : les conséquences des incendies
- EL ALAMI (2013) : importance économique de thuya
- FAO : mécanisme du feu
- JEAM DEMONTEGOLFIER (1989) : l'origine des incendies
- KHALID (2008) : les précipitations
- MELLAL TAHAR (2014) : présentation de la zone d'étude
- MAHMOUD et GHEZOUANI 2012 contribution à l'étude éco dendrométrique de thuya dans la daïra d ouled brahim mémoire d ingénieure d'état en biologie

- REBAI (1983) : impact socio- économique des feux de forets
- SEDJERARI et MERAH ,2014 la régénération de formation forestières post incendie dans la région de Tircine
- SIMONE(1997) : facteurs de dégradation des peuplements
- TERRAS M., 2008. Dynamique phytoécologique du thuya de Berbérie face à l'incendie. Forêt méditerranéenne,
- TIR EL HADJ : facteurs influençant la propagation des incendies de forêts ; forme des feux de forêts
- WILIAMS (1982) : mécanisme de propagation

Résumé:

La forêt de Ben Allouche située dans la commune de Tircine daïra de Ouled Brahim (Wilaya de Saida - Algérie) a connu plusieurs incendies ciblant les peuplements du thuya de Berberie au cours des dix dernières décennies. Cela a entraîné une modification de la couverture végétale et accentué les phénomènes de l'érosion des sols.

Dans le cadre de ce travail, lors de nos visites sur le terrain dans la région, nous avons étudié la régénération de cette espèce après les incendies de 2013, 2019 et 2014, afin d'identifier l'impact des incendies et la capacité de cette espèce à se régénérer après les feux de forêts.

الملخص :

عرفت غابة بن علوش بلدية تيرسين دائرة اولاد ابراهيم (ولاية سعيدة- الجزائر) عدة حرائق كبيرة استهدفت شجيرات العرعار, في العشريات الأخيرة. مما ادى هذا الى تغيير في الغطاء النباتي لهذه المنطقة بالإضافة إلى عوامل أخرى. قمنا في هذا العمل من خلال الزيارة الميدانية للمنطقة, بالوقوف على تجدد الغطاء النباتي لهذه المنطقة بعد الحرائق التي شهدتها سنة 2013 و 2019, من أجل الوقوف على تأثير الحرائق على اشجار العرعار

Abstract :

The common Ben Allouche forest of taired daïra from Ouled Brahim (Wilaya of Saida - Algeria) has experienced several major fires targeting stands of Berber cedar over the past ten decades. This has resulted in a change in the vegetation cover of this area in addition to other factors.

As part of this work, during our field visits to the region, we studied the regeneration of this species after the fires of 2013, 2019 and 2014, in order to identify the impact of fires on cedar trees berberie