



Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la
Recherche Scientifique
Centre Universitaire El-wancharissi de Tissemsilt



Institut de Sciences et de la Technologie
Département des Sciences de la nature et de la vie

Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme de
Master académique en
Filière : **Ecologie et Environnement**
Spécialité : **Protection des écosystèmes**

Présenté par : **KADDOUR Fatiha**

LARKEM Malika

Thème

**La reprise végétative après incendie dans une forêt du cèdre
de l'Atlas (*Cedrus atlantica* M)-parc national de Theniet El
had**

Devant le Jury :

| | | | |
|--------------------------|-----------|--------|---------------|
| Mr. ZEMOUR K | Président | M.A.B | CU-Tissemsilt |
| Mr. MAIRIF M | Encadreur | M.A.B. | CU-Tissemsilt |
| Mr. ABDELHAMID DJ | Examineur | M.C.B. | CU-Tissemsilt |

Année universitaire : 2019-2020

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

DEDICACE

Je dédie ce modeste travail à mes très chers parents que je ne pourrais être jamais reconnaissant envers leurs dévouements, leurs amours, leurs sacrifices et leurs encouragements et sans qui je ne serais pas là aujourd'hui.

Ce travail soit pour eux, un faible témoignage de ma profonde affection de tendresse.

A mon conjoint Mohammed, à mon fils Ahmed Radhouane, à Radhia, Hadjer et Tassnime.

A mes chers frères et sœurs

A toute ma famille.

A Fatiha, Messaouda, Hadjira, Amel et wafaa et à tous mes amis.

A toute ma promotion

A tous mes enseignants

A tous ceux qui j'aime et j'estime.

Et toute personne qui m'a fait du courage et ma donner de l'aide dans ce travail.

DEDICACE

Je dédie ce modeste travail à mes très chers parents que je ne pourrais être jamais reconnaissant envers leurs dévouements, leurs amours, leurs sacrifices et leurs encouragements et sans qui je ne serais pas là aujourd'hui.

Ce travail soit pour eux, un faible témoignage de ma profonde affection de tendresse.

A mes chers frères et sœurs

A toute ma famille.

A Malika, Abir, Amina et Zineb et à tous mes amis.

A toute ma promotion

A tous mes enseignants

A tous ceux qui j'aime et j'estime.

Et toute personne qui m'a fait du courage et m'a donné de l'aide dans ce travail.

REMERCIEMENT :

Nous remercions dieu le tout puissant qui nous a donné le courage, la volonté et la Patience pour faire ce travail.

Au terme de ce travail, je tiens à adresser l'expression de mes vifs remerciements à toutes les personnes qui m'ont aidé et collaboré de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Mes vifs remerciements sont adressés à mon encadreur, Mr .MAIRIF MOHAMMED (Maître assistant à l'université de Tissemsilet) pour m'avoir accordé toute sa confiance en acceptant de diriger ce travail. Son érudition et ses qualités humaines ont fait de lui un grand Monsieur. Je lui dois une immense reconnaissance et un grand respect.

Je remercie également Mr. ZEMMOUR KAMEL et

Mr. ABDELHAMID DJAMEL (Maître assistant à l'université de Tissemsilet), de m'avoir fait l'honneur de présider le jury de soutenance.

Mes vives gratitude vont aussi au Directeur et à tout le personnel du Parc National de THENIET EL HAD ainsi que la direction des forets (Mr. Aaraar) et la direction du tourisme.

SOMMAIRE

| | |
|--------------------------------------------------------------|----|
| INTRODUCTION GENERALE..... | 01 |
| CHAPITRE I : Généralités sur les incendies des forets | |
| 1.1. Introduction..... | 02 |
| 1.2. Pyrologie forestière..... | 02 |
| 1.2.1. Le mécanisme du feu..... | 02 |
| 1.2.1.1. Combustion et énergie dégagée..... | 02 |
| 1.2.1.2. Les éléments du feu..... | 03 |
| 1.2.1.3. Le combustible..... | 03 |
| 1.2.1.4. Le Comburant..... | 05 |
| 1.2.1.5. Le flux de chaleur..... | 05 |
| a: La conduction..... | 05 |
| b : La radiation ou rayonnement..... | 05 |
| c :La convection..... | 06 |
| 1.2.2. Les modes de propagation d'un feu..... | 06 |
| 1.2.2.1. Les feux de sol..... | 06 |
| 1.2.2.2. Les feux de surface..... | 06 |
| 1.2.2.3. Les feux de cimes..... | 06 |
| 1.2.2.4. Les sautes de feu..... | 07 |
| 1.2.3. Le comportement du feu..... | 08 |
| 1.2.3.1. L'inflammation..... | 08 |
| 1.2.3.2. La combustion..... | 08 |
| 1.2.3.3. La combustibilité..... | 08 |
| 1.2.3.4. La progression..... | 09 |
| 1.2.3.5. L'humidité du combustible..... | 09 |
| 1.2.3.6. Le vent et la pente..... | 10 |
| 1.2.3.7. Le temps du feu..... | 12 |
| 1.2.4. Facteurs climatiques..... | 13 |
| 1.2.4.1. Action du vent..... | 13 |
| 1.2.4.2. Action de précipitation..... | 14 |
| 1.2.4.3. Action des températures..... | 14 |
| 1.2.4.4. Action de l'humidité de l'air..... | 14 |
| 1.2.5. Les différentes catégories du feu..... | 14 |
| 1.3. L'origine de l'incendie..... | 14 |
| 1.3.1. Causes naturelles..... | 15 |
| 1.3.2. Les causes anthropiques..... | 15 |
| 1.3.2.1. Les causes connues..... | 15 |
| 1.3.2.1.1. Les causes d'origines volontaires..... | 16 |
| 1.3.2.1.2. Les causes d'origines involontaires..... | 16 |
| 1.3.3. Détermination des causes..... | 16 |
| 1.4. Les conséquences des incendies..... | 17 |
| 1.4.1. Impact du feu sur le peuplement..... | 17 |
| 1.4.2. Impact du feu sur l'environnement..... | 18 |
| 1.4.2.1. Actions sur les écosystèmes forestiers..... | 18 |
| 1.4.2.2. Action sur le sol..... | 18 |
| 1.4.2.3. Action sur la pédofaune..... | 18 |
| 1.4.2.4. Action sur la faune forestière..... | 18 |
| 1.4.2.5. Impact socio-économique..... | 18 |
| 1.5. Lutte contre les incendies de forêts..... | 19 |

| | |
|---------------------------------------------------------------|----|
| 1.5.1. Lutte préventive..... | 19 |
| 1.5.1.1. Education et sensibilisation du public..... | 19 |
| 1.5.1.2. La réglementation de l'emploi du feu en forêt | 19 |
| 1.5.1.3. Travaux d'aménagement' entretien et protection | 19 |
| 1.5.1.3.1. Les pistes forestières..... | 19 |
| 1.5.1.3.2. TranchéesPare Feu..... | 19 |
| 1.5.1.3.3. Points d'eau..... | 20 |
| 1.5.1.4. La surveillance, la détection et l'alerte..... | 20 |
| 1.5.1.4.1. Postes de vigies..... | 20 |
| 1.5.1.4.2. Les brigades forestières mobiles..... | 20 |
| 1.5.2. La lutte active..... | 20 |
| 1.5.2.1. Les moyens humains..... | 20 |
| 1.5.2.2. Les moyens matériels..... | 21 |

CHAPITRE II : Monographie sur le cèdre de l'Atlas

| | |
|------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.1.Introduction..... | 22 |
| 2.2.Présentation de l'espèce..... | 22 |
| 2.2.1. Taxonomie..... | 22 |
| 2.3. L'aire de répartition..... | 23 |
| 2.3.1. L'aire naturelle..... | 23 |
| 2.3.2. L'aire d'introduction..... | 24 |
| 2.4. Caractéristiques dendrologiques du cèdre de l'Atlas..... | 24 |
| 2.5. Caractéristiques écologiques et bioclimatiques du cèdre de l'atlas..... | 27 |
| 2.5.1. Exigences climatiques..... | 27 |
| 2.5.1.1. Les Précipitations..... | 27 |
| 2.5.1.2. Les Températures..... | 27 |
| 2.5.1.3. Humidité de l'air et enneigement..... | 27 |
| 2.5.2. Substrat..... | 28 |
| 2.5.3. Exposition..... | 28 |
| 2.5.4. Altitude..... | 28 |
| 2.5.5. La Végétation..... | 29 |
| 2.6. La régénération naturelle de cèdre de l'Atlas..... | 29 |
| 2.6.1. La régénération naturelle du cèdre de l'Atlas en Algérie..... | 30 |
| 2.6.2. La Régénération naturelle du cèdre de l'Atlas au Maroc..... | 31 |
| 2.7. Les Ennemis du cèdre de l'atlas..... | 31 |
| 2.7.1. Les insectes..... | 31 |
| 2.7.2. Les champignons..... | 33 |
| 2.7.3. Le bétail..... | 33 |
| 2.7.4. Actions anthropiques..... | 33 |
| 2.7.5. Les incendie..... | 33 |
| 2.8. Valeurs écologiques et patrimoniales..... | 35 |
| 2.9. Résistance du cèdre à la sécheresse..... | 35 |
| 2.10. Utilisation du cèdre..... | 36 |

CHAPITRE III : Présentation de la zone d'étude

| | |
|------------------------------------------------------------------|----|
| 3.1. Historique..... | 38 |
| 3.2. Situation géographique..... | 38 |
| 3.3. Situation Administrative..... | 39 |
| 3.4. Étude des caractéristiques physique de la zone d'étude..... | 40 |
| 3.4.1. Expositions..... | 40 |
| 3.4.2. Pente..... | 41 |
| 3.4.3. Altitude..... | 42 |
| 3.4.4. Pédologie..... | 42 |
| 3.4.5. Géologie de la zone..... | 43 |
| 3.4.6. Aspect Hydrologique..... | 44 |
| 3.5. Climat..... | 45 |
| 3.5.1. Autres facteurs climatiques..... | 47 |
| 3.5.1.1. Enneigement..... | 47 |
| 3.5.1.2. Les gelées..... | 48 |
| 3.5.1.3. Humidité..... | 48 |
| 3.5.1.4. Sirocco..... | 48 |
| 3.5.1.5. La grêle..... | 48 |
| 3.5.1.6. Le vent..... | 48 |
| 3.6. La flore..... | 48 |
| 3.6.1. La cédraie..... | 48 |
| 3.6.2. La yeuse..... | 49 |
| 3.6.3. La Subéraie..... | 49 |
| 3.6.4. La Zeenaie..... | 49 |
| 3.6.5. La pinède..... | 49 |
| 3.6.6. Autres..... | 50 |
| 3.7. La faune..... | 50 |
| 3.7.1. Classe des reptiles..... | 50 |
| 3.7.2. Les batraciens..... | 50 |
| 3.7.3. Les mammifères..... | 51 |
| 3.8. Réseau routier..... | 51 |
| 3.9. Influence anthropique..... | 52 |

Chapitre IV : Matériels et méthodes

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 4.1. Caractérisation de la zone d'étude..... | 53 |
| 4.1.1. Présentation de la flore de la zone d'étude..... | 53 |
| 4.2. Méthodologie..... | 53 |
| 4.2.1. Estimation de la reprise du cèdre de l'atlas..... | 53 |
| 4.2.2. Estimation de la reprise végét des principales espèces ligneuses du sous-bois... 53 | |
| 4.3. Le matériel qui était destiné à être utilisé..... | 54 |

Chapitre V : Résultats et discussion

| | |
|--------------------------------------------------------|----|
| 5. Analyse des résultats précédents et discussion..... | 55 |
| CONCLUSION GENERALE..... | 57 |

Liste des tableaux

Tableau 1 : Influence du taux d'humidité sur l'inflammabilité

Tableau 2 : La répartition du cèdre dans les Aurès

Tableau 3 : Insectes des cônes du Cèdre dans son aire naturelle

Tableau 4 : Cochenilles rencontrées sur le cèdre

Tableau 5 : Répartition mensuelle et moyenne annuelle de la pluviosité de 1913-1 938

Tableau 6 : Répartition mensuelle et moyenne annuelle de la Température de 1913-1 938

Tableau 7 : Calcul du quotient pluviométrique dans les 2 stations

Tableau 8 : Valeurs moyennes mensuelles des températures de la station de Bejaia (1978-2016)

Tableau 9 : Valeurs moyennes mensuelles des températures de notre station d'étude (1978-2016)

Tableau 10 : Valeurs moyennes mensuelles des précipitations (mm) pour la station de Bejaia et notre station d'étude (1970 - 2016).

Tableau 11 : Valeurs du quotient pluviothermique d'Emberger pour Bejaia et notre station d'étude (Fort Lemercier, PNG).

Liste des Figures

Figure 1 : Le processus de combustion

Figure 2 : Triangle du feu

Figure 3 : Les différentes strates de la végétation

Figure 4 : Géométrie de la flamme

Figure 5 : Les trois modes de transfert de la chaleur

Figure 6 : Modes de propagation du feu

Figure 7 : Effet du vent sur la vitesse de propagation du feu

Figure 8 : Effet de la pente sur la vitesse de propagation du feu

Figure 9 : Incidence des facteurs vent et topographie sur la propagation d'un feu

Figure 10 : Répartition actuelle du cèdre de l'Atlas

Figure 11 : Caractères dendrologiques de cèdre de l'Atlas

Figure 12 : Carte de localisation du parc national de Thneit El Had

Figure 13 : Carte des cantons du Parc National des Cèdres de Theniet El Had

Figure 14 : Carte des expositions du Parc National de Theniet El Had

Figure 15 : Carte des pentes du Parc National de Theniet El Had

Figure 16 : Carte des altitudes du Parc National de Theniet El Had

Figure 17 : Carte des sols du Parc National de Theniet El Had

Figure 18 : Carte du réseau hydrographique du Parc National de Theniet El Had

Figure 19 : Diagramme ombrothermique de la zone d'étude

Figure 20 : Localisation de la zone d'étude dans le climagramme d'Emberger

Figure 21 : Carte de végétation du parc national de Theniet El Had

Figure 22 : Carte du réseau routier du parc National de Theniet El Had

Figure 23 : Courbe aire-espèces de détermination de l'aire minimale.

Figure 24 : Diagrammes ombrothermiques de Bagnouls et Gaussen pour la station de Bejaia et notre station d'étude (Fort Lemercier, PNG). La partie hachurée correspond à la saison sèche.

Figure 25 : Schéma représentant le protocole d'échantillonnage avec les trois zones considérées.

Liste des abréviations

M: mètre.

C°: degré Celsius.

Km: kilomètre.

MM: millimètre.

T : Température.

H: heure.

P : précipitation.

HA: hectare.

UICN: Union internationale de la conservation de la nature.

M/AN: mètres par an.

PNTHE: Parc national de theniet El had.

Q: quotient d'EMBERGER.

%: Pourcentage.

Introduction générale

Introduction générale :

La forêt est toujours été considérée par l'homme comme étant une source inépuisable en bois à condition de gérer les massifs forestiers de manière à maintenir l'équilibre écologique d'une part et de répondre aux objectifs fixés d'autres part.

Le cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica M*) est une essence endémique des montagnes de l'Afrique septentrionale dont l'importance n'est plus à démontrer. Le cèdre de l'Atlas est considéré comme l'essence noble de l'Afrique du Nord, par ses qualités remarquables : croissance, bon bois, attrait touristique, etc.

En Algérie, depuis l'indépendance, des efforts considérables ont été consacrés pour la reconstitution des forêts. Cependant l'intervention de l'homme et les dégâts provoqués par les incendies est les principales causes de dégradation de ce milieu qui influant négativement sur la croissance et la régénération naturelle des arbres.

La régénération des espèces forestières est le principal facteur assurant sa pérennité. Sans celle-ci, elle serait vouée à la disparition. Pour éviter cette seconde éventualité, la seule alternative qui se présente aux reboiseurs consisterait à tout mettre en œuvre pour favoriser la régénération qui, d'une manière générale pour toutes les espèces forestières, constitue la condition la plus significative que le forestier devrait prendre en considération avant d'entreprendre toute action de mise en valeur sylvicole.

La résolution de ce problème nécessite en premier lieu, la connaissance parfaite et une étude minutieuse des divers facteurs responsables de la situation.

Le but de notre travail est d'étudier l'impact des incendies sur la régénération du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica M*). Après une présentation et Généralités sur les incendies des forêts dans un premier chapitre et définition de la plante hôte dans le second ; nous abordons un troisième chapitre pour la zone d'étude. Concernant la partie expérimentale, malheureusement n'a été pas faite à cause du confinement.

Partie

Bibliographique

Chapitre I

Généralités sur

les incendies des

forêts

CHAPITRE I

GENERALITES SUR LES INCENDIES DES FORETS

1.1. Introduction :

Les incendies sont des sinistres qui se déclarent dans une formation végétale, qui peut être de type forestier (forêt ou sub-forestier), comme maquis et landes et encore de type herbacé comme les pelouses (**Meddour, 2014**). Ainsi, l'incendie de forêt est « une combustion qui se développe sans contrôle, dans le temps et dans l'espace » (**Trabaud, 1989**).

Par ailleurs, on relève que feu et incendie ne sont pas synonymes : les premiers mots 'applique, par exemple, lorsqu'on parle de combustion sous le contrôle des opérateurs (feu de chaume, feu dirigé, etc.); le deuxième lorsque le contrôle est absent ou bien le feu non désiré à échapper au contrôle (**Trabaud, 1989**).

1.2. Pyrologie forestière :

La pyrologie forestière est la science qui étudie les feux de forêts ainsi que leurs propriétés physico-chimiques. Elle explique le processus de combustion, les caractéristiques des incendies de forêt et les facteurs qui influencent leur origine et leur développement.

1.2.1. Le mécanisme du feu :

1.2.1.1. Combustion et énergie dégagée :

Selon **P. Colin et al (2001)**, Le processus de combustion 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.

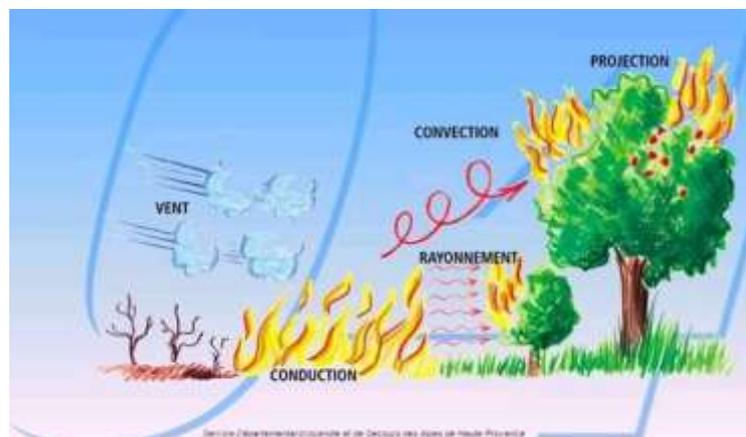


Fig. n°01 : le processus de combustion (Colin. P, 2001)

1.2.1.2. Les éléments du feu :

Le feu, pour apparaître et se propager, a besoin de trois éléments : le combustible (végétation forestière), le comburant (oxygène) et la chaleur pour porter le combustible à une température initiale suffisamment élevée (**Montgolfier, 1989**). Dès lors, on parle de triangle de feu comme le montre la figure 02. Il suffit ainsi l'extension d'un côté que la surface du triangle s'élargit.



Fig. n°02 : Triangle du feu (Hammeche, 2002)

1.2.1.3. Le combustible :

Le combustible forestier est l'ensemble du matériel végétal vivant ou mort se trouvant sur le périmètre exposé au feu. Par ailleurs, si la facilité de brûlage n'est pas la même pour tous les types de végétaux, tous sont susceptibles de brûler et constituent un bon aliment pour la flamme (**Montgolfier, 1989**).

Le combustible se répartit en quatre strates :

- **Les ligneux hauts** : de plus de 2 m, essentiellement taillis, feuillus et futaies résineuses.
- **Les ligneux bas** : de moins de 2 m, broussailles abondantes en région méditerranéenne où elles constituent l'essentiel du maquis et de la garrigue.
- **La strate herbacée** : Enfin de période de végétation, les parties aériennes desséchés constituent une couverture morte très inflammable.
- **La litière** : souvent peu épaisse et discontinue, en région méditerranéenne (**J.Mongolfier, 1989**).

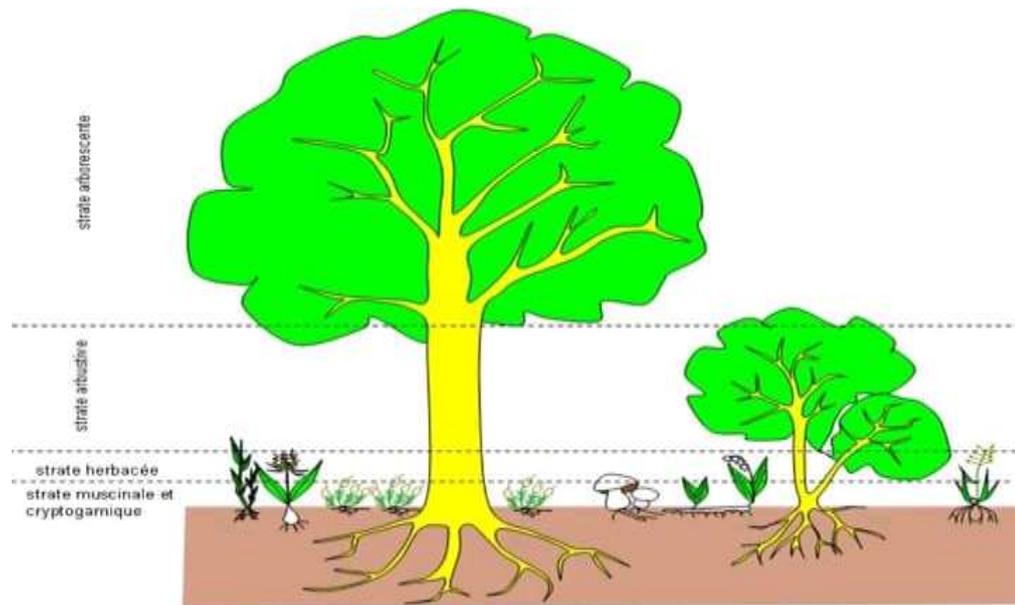


Fig. n°03 : Les différentes strates de la végétation (Colin. P, 2001)

Le végétal susceptible de brûler est composé de matière sèche et d'eau :

- **La teneur en eau :**

Pour alimenter une combustion, le combustible doit avoir perdu son eau par évaporation, puis avoir émis, par pyrolyse, des gaz inflammables, or la quantité de chaleur consommée par l'évaporation de l'eau est très importante 537 calories par gramme, les végétaux riches en eau de la litière sont donc peu inflammables et peu combustibles. La teneur en eau de la litière et des végétaux morts répond uniquement à des phénomènes physiques : échanges par capillarité avec le sol et équilibre avec la vapeur d'eau dans l'atmosphère (J.Mongolfier, 1989).

- **Matière sèche :**

La matière sèche est composée de matière organique et de minéraux. Seule la matière organique brûle, fournissant l'énergie nécessaire à la propagation du feu. Ainsi, plus un végétal est riche en minéraux, moins son pouvoir calorifique théorique est élevé, moins il est combustible

Pour enflammer des végétaux en stress hydrique, des braises nécessitent la présence de vent, tandis qu'une flamme d'allumette suffit. L'arc électrique créé lors de la rupture d'un câble électrique ou l'impact de la foudre dégage assez d'énergie pour enflammer facilement la végétation (Chelouah et Hamroune, 2009).

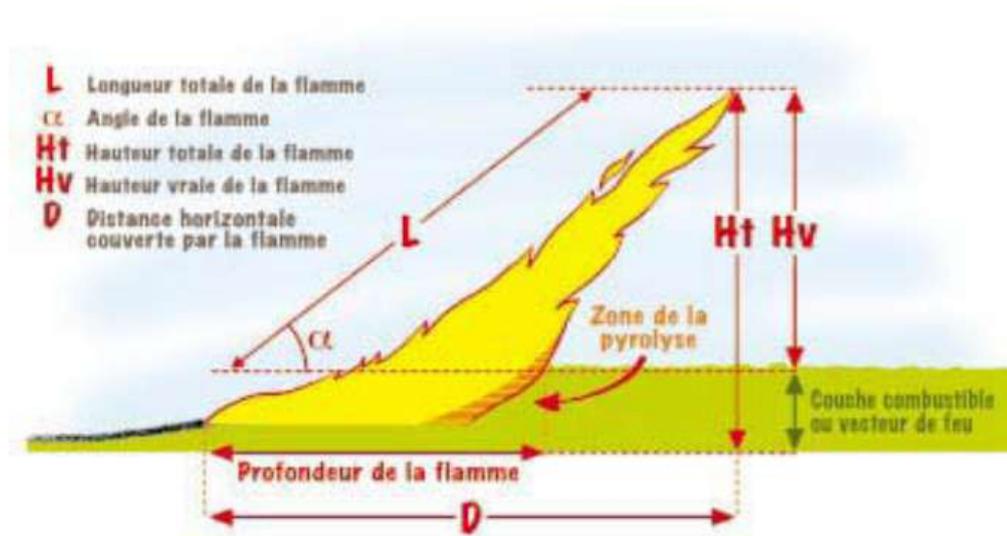


Fig. n°04 : Géométrie de la flamme (Colin.P, 2001)

1.2.1.4. Le Comburant :

Tout l'oxygène de l'air n'est pas utilisé, Pour que des flammes se produisent, il faut que l'indice d'oxygène (pourcentage d'oxygène restant dans l'air) soit supérieur à 15,75%, pour que les braises se consomment, il faut qu'il soit supérieur 10,5%, le vent active le feu en accélérant le dessèchement du combustible en avant du front de flammes. Il faut noter que la forêt est un milieu particulièrement riche en oxygène (J.Montgoffier, 1989).

1.2.1.5. Le flux de chaleur :

Il est produit par un rayonnement calorifique constant, suffisamment long pour que la végétation s'enflamme. Suivant la nature de celle-ci, il faut environ une température qui va de 260°C à 450°C La chaleur se distingue, aussi bien, par la diversité de ses ressources que par ses modes de propagation. Où nous distinguons trois processus, (Rebai, 1983):

1.2.1.5.1. La conduction :

C'est une propagation lente du feu à travers les combustibles, elle est due aux matériaux forestiers qui sont très mauvais conducteurs. Sa part est très faible et de plus, la propagation cesse dès qu'une discontinuité apparaît.

1.2.1.5.2. La radiation ou rayonnement :

Le rayonnement est un mode de transfert de l'énergie sous forme d'ondes électromagnétiques se propageant avec ou sans support matériel. Le rayonnement calorifique mis en jeu lors des incendies de forêt est principalement un rayonnement électromagnétique infrarouge. La qualité 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.

1.2.1.5.3. La convection :

Elle évacue la majeure partie des calories 80% à 90%, sous forme de gaz brûlés et d'une masse d'air chaud lorsque la colonne d'air chaud monte dans le ciel, les calories sont perdues pour l'incendie.

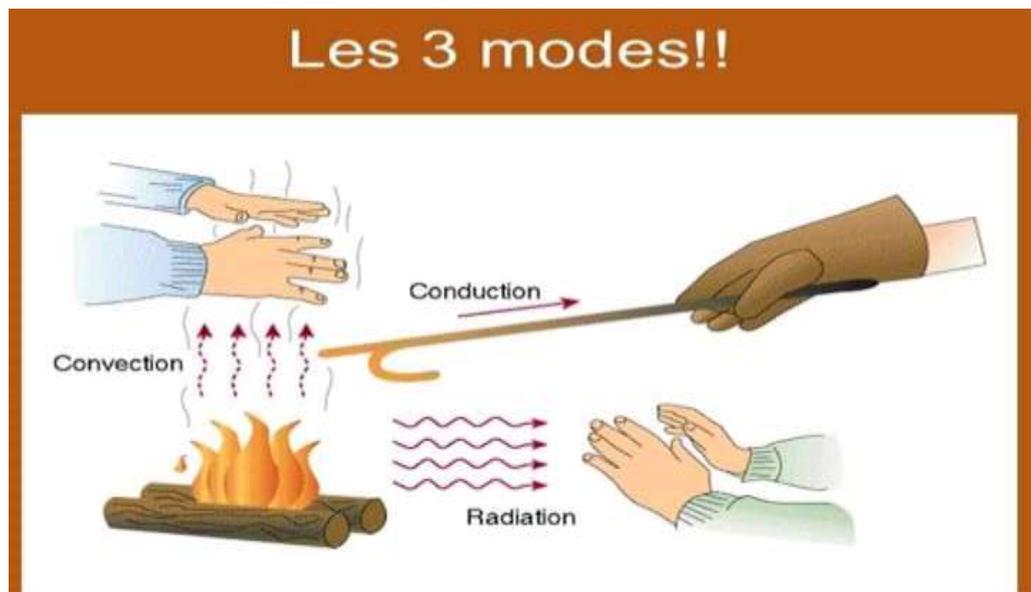


Fig. n°05 : Les trois modes de transfert de la chaleur(Colin. P, 2001)

1.2.2. Les modes de propagation d'un feu :

La propagation d'un feu de forêt se distingue par trois types de situations : feux de sol, feux de surface, feux de cimes et saute de surface.

1.2.2.1. Les feux de sol :

Consument la matière organique de la litière et de l'humus situé sous celle-ci et ne produisent pas de flamme apparente. Ils peuvent pénétrer dans des dépôts organiques très profonds et cheminer à plusieurs dizaines de centimètres sous la surface. Ils sont relativement rares en région méditerranéenne.

1.2.2.2. Les feux de surface :

Brûlent les strates basses et contiguës au sol (litière, tapis herbacé, Broussailles). Ce sont les plus communs. Ils se propagent rapidement, en dégageant beaucoup de flammes et de chaleur.

1.2.2.3. Les feux de cimes :

Embrasent les houppiers et se propagent rapidement. Ils sont de deux types : indépendants et dépendants.

- Indépendants, ils se propagent dans les cimes sans dépendre du feu de surface.
- Dépendants, ils ne se maintiennent dans les cimes qu'en raison de la chaleur dégagée par le feu de surface. Ils sont passifs s'ils contribuent moins à la propagation que le feu de surface qui les accompagne et actifs dans le cas contraire (**Chelouah et Hamroune, 2009**).

1.2.2.4. Les sautes de feu :

Sont des projections de particules enflammées ou incandescentes (brandons) en avant du front de flamme. Ces particules, entraînées dans la colonne de convection et transportées par le vent, peuvent être à l'origine de foyers secondaires à l'avant de l'incendie. Les gros brandons peuvent brûler longtemps et être transportés très loin (jusqu'à 10 ou 20 km dans les cas exceptionnels). Des sautes de feu très nombreuses peuvent conduire à des éclosions multiples sur une zone peu étendue et créer ainsi une tornade de feu extrêmement dangereuse.

Les sautes de feu peuvent se produire sur de courtes ou de longues distances selon les conditions du milieu. (Figure 06)(**Colin, 2001**).

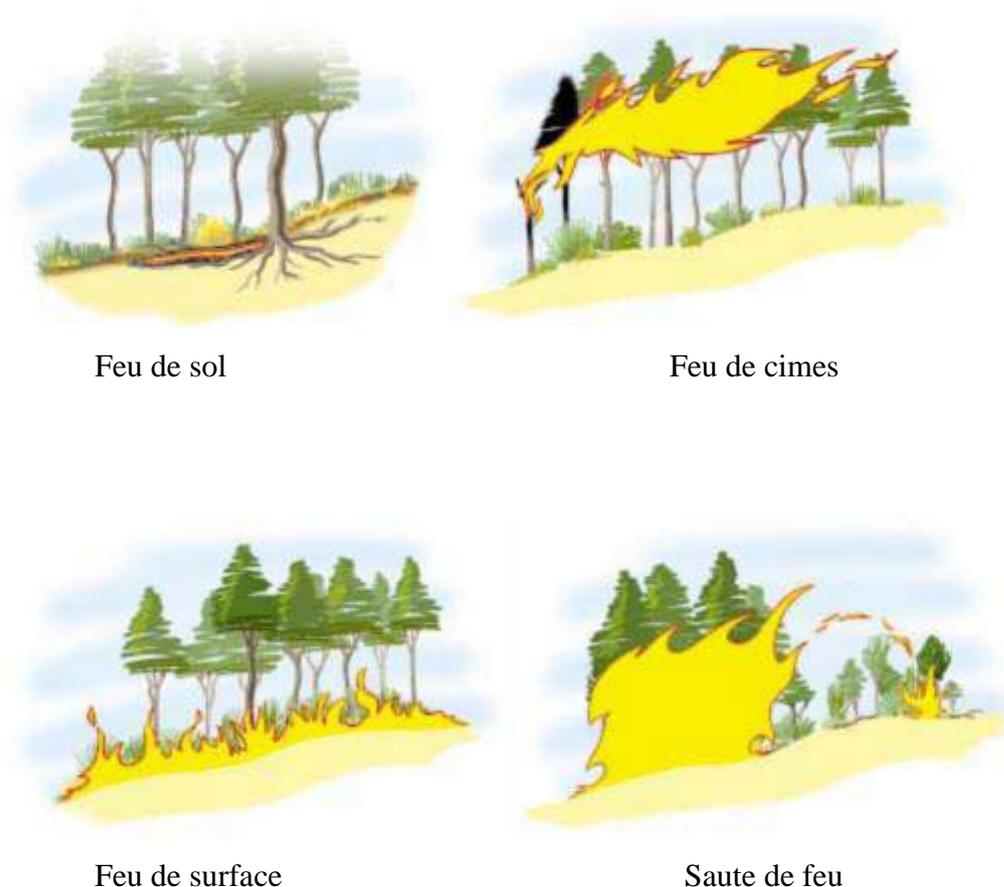


Fig. n°06 : Modes de propagation du feu (Colin, 2001)

1.2.3. Le comportement du feu :

L'expression « comportement du feu » désigne les différents phénomènes qui apparaissent à la cour d'un feu est qui modulent son évolution dans l'espace et dans le temps. Ces phénomènes peuvent être regroupés en trois étapes : l'inflammation, la combustion et la progression.

Chaque étape est décrite par un ensemble de paramètres physiques tels que : les températures, les vitesses de propagation, la hauteur et l'intensité des flammes, le pouvoir calorifique ou l'énergie dégagée (**Chelouah et Hamroune, 2009**).

Les différentes étapes d'un comportement du feu se trouvent être commandées par le combustible lui-même et ses caractéristiques intrinsèques et des facteurs d'environnement tels que : les conditions météorologiques et topographiques.

1.2.3.1. L'inflammation :

C'est le résultat d'une réaction exothermique brutale entre l'oxydant (oxygène de l'air) et la combustible ayant subi la pyrolyse.

La pyrolyse est un processus de dégradation par lequel un corps (ici la végétation) soumis à un rayonnement thermique continu, est irréversiblement séparé en résidus carbonneux et en pyrolyse vaporisés (les gaz du combustible), (**Trabaud, 1974**).

Les facteurs qui influent sur l'inflammation des combustibles sont deux types :

- **Les facteurs externes** : représentés par le milieu dans lequel se trouve le combustible : les flux thermiques, la durée de l'exposition, l'intensité de chaleur, la composition et la pression de la phase gazeuse.
- **Les facteurs internes** : comprennent la capacité d'absorption de la chaleur de la surface du combustible, le préchauffage de l'échantillon, la conductivité thermique, la chaleur spécifique, etc. (**Trabaud, 1974**).

1.2.3.2. La combustion :

«Tout vecteur en ignition doit pour transmettre le feu, dégager par lui-même suffisamment de chaleur pour vaporiser l'eau d'une fraction du combustible voisin. Puis porter la température de cette fraction à un degré correspondant au déclenchement de la réaction exothermique » (**Claudot, 1974**).

1.2.3.3. La combustibilité:

La combustibilité introduit la notion de facile propagation du feu sur un combustible qui disparaît alors au fur et à mesure que le phénomène se développe. Cette propriété est surtout étudiée dans un ensemble de combustible qui sont liés ou simplement proches les uns des

autres, comme ces deux cas se présentent dans une formation comprenant des végétaux ligneux (**Lanier, 1986**).

Des études de combustibilité ont été effectués soit :

- Sur banc d'essai thermique ou : « Tunnel à combustion » (**Delabraze et Valette, 1974**), dispositif permettant de suivre le développement d'un feu dans une tranchée réduite de végétation, reproduite avec le maximum de soins, et d'enregistrer les principaux éléments de cette combustion.
- En effectuant une série de brûlage à l'aide de lance-flammes dans des parcelles de garrigues à chêne « kermès » (**Trabaud, 1979**).

Les résultats de ces expérimentations sont :

- ✓ Les températures de combustion peuvent atteindre des valeurs très élevées et varient en fonction de plusieurs facteurs tels que : la saison (les feux d'automne ont les températures les plus élevées) et de la hauteur de végétation (les températures les plus fortes sont observées au niveau du toit de la végétation).
- ✓ L'énergie dégagée par le feu traduit la puissance du front de flamme et mesure la quantité de chaleur dégagée par unité de temps et de longueur du front du feu (**in Claudot, 1974**).

1.2.3.4. La progression :

La progression est le passage plus ou moins rapide du feu d'une fraction du combustible à une autre. Cette progression est rendue possible par les propriétés de propagation de la chaleur. Mais aussi par le biais de trois facteurs principaux :

- ✓ L'humidité des combustibles ;
- ✓ Le vent ;
- ✓ La pente (**Chelouah et Hamroune, 2009**).

1.2.3.5. L'humidité du combustible :

Le feu conditionne son combustible au fur et à mesure de sa progression et ce d'autant plus efficacement que la végétation perd de plus en plus de son humidité. Cette humidité est retenue selon que le combustible est mort ou vivant. es végétaux ligneux (**Lanier, 1986**).

- **Les combustibles morts:** l'approvisionnement du sol en eau n'influe que pendant peu de temps sur l'humidification de la matière organique morte dont l'hygroscopicité obéit exclusivement à des lois physiques. Une caractéristique du taux d'humidité des matériaux morts est qu'il tend constamment vers un état d'équilibre avec l'humidité relative de l'air qui l'enveloppe, et que toutes les variations subies par ce dernier se trouvent par conséquent représentées au sein du combustible (**Claudot, 1974**).

En se basant sur cette propriété, des chercheurs américains ont classé les végétaux selon leur temps de réponse aux variations de l'humidité atmosphérique. Ce temps de réponse ou « Timelog » représente le temps que mettent les combustibles morts pour perdre 63% de leur excédent d'humidité par rapport à l'air.

Le classement est retenu comme suit :

- Combustible ayant un temps de réponse de 1 heure (0-2h): plantes herbacées mortes, éléments ligneux de moins de 6 mm de diamètre, couche superficielle de la litière.
- Combustible ayant un temps de réponse de 10 heures (0-20h): éléments ligneux de 6 à 25mm de diamètre, couche supérieure de la litière.
- Combustible ayant un temps de réponse de 100 heures (20-200h): éléments ligneux de 25 à 75 mm de diamètre et couche profonde de la litière.

- Les combustibles vivants :

A cause de son degré d'humidité élevé, le combustible vivant brûlera rarement de lui-même, des combustibles vivants intérieurement donc à la fois comme consommateurs d'énergie et comme source de chaleur. Nous distinguons :

- Les herbacés vivants, qui interviennent au moment de départ du feu pour gêner ou favoriser celui-ci suivant leur proportion.
- Les végétaux ligneux fins vivants (rameaux) et les feuillages jouent un rôle dans les types de végétation où l'extension du feu dépend du sous-bois et des cimes des arbres.

1.2.3.6. Le vent et la pente :

Le vent renouvelle l'oxygène de l'air, réduit l'angle entre les flammes et la végétation au sol et favorise le transport des particules en avant du front de flammes. La vitesse du vent influence celle de la propagation d'un feu. La direction du vent détermine la forme finale du feu par rapport au point d'éclosion.

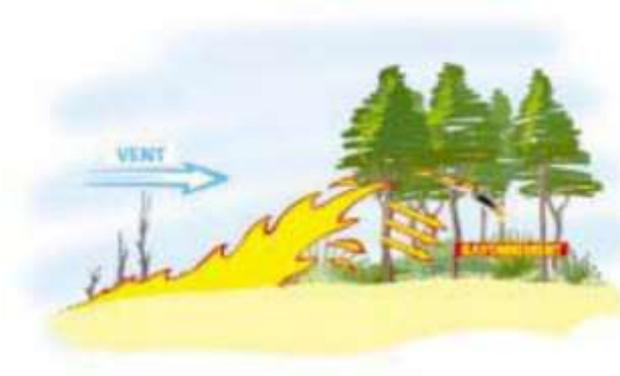


Fig. n°07 : Effet du vent sur la vitesse de propagation du feu (Colin.P, 2001)

Alors que le relief joue également un rôle à double :

- ✓ **La pente** modifie l'inclinaison des flammes par rapport au sol, ce qui favorise les transferts thermiques vers la végétation située en amont.
- ✓ **L'exposition** détermine des versants chauds ou frais, et donc une végétation plus ou moins combustible. Elle individualise également des zones exposées au vent.

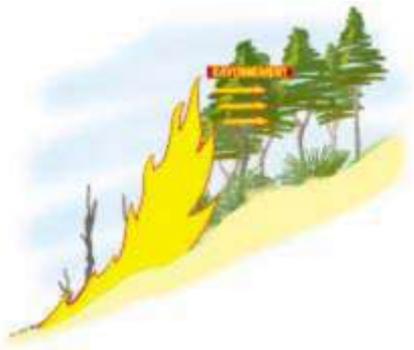


Fig. n°08 : Effet de la pente sur la vitesse de propagation du feu (Colin.P, 2001)



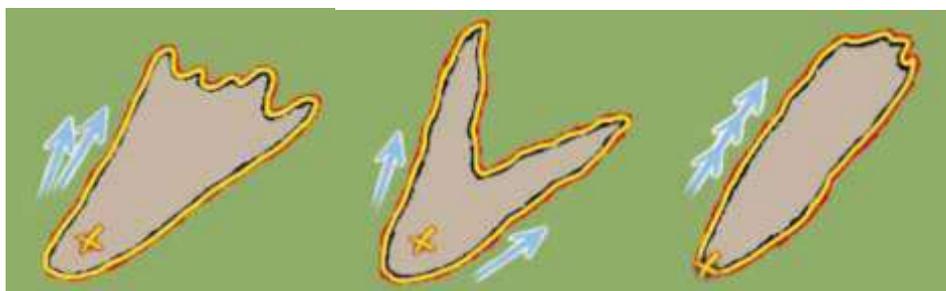
Peu ou pas du vent ou pente.
pente modérés.

Distribution uniforme des
distributions uniforme des
Combustibles

Vent variable ou topographie.

distributions hétérogène des
les combustibles

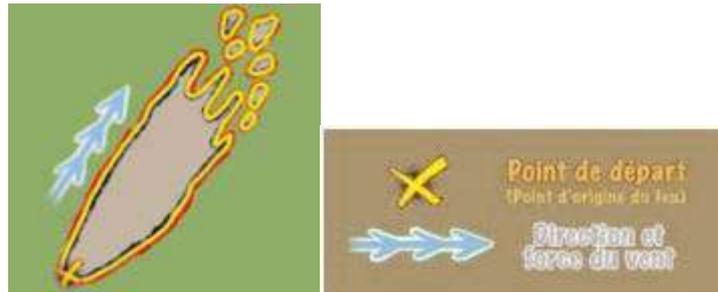
Vent ou



Propagation plus rapide avec
rapidement par un vent légèrement variable,
Plus fort

plusieurs versants et direction
variable du vent

feu poussé



Apparition des foyers secondaires

Fig. n°09 : Incidence des facteurs vent et topographie sur la propagation d'un feu (Trabaud, 1989)

1.2.3.7. Le temps du feu :

La date n'a pas de valeur statistique, mais c'est un repère chronologique qui nous permet de placer l'incendie dans un moment précis du cycle saisonnier, lequel a une influence prépondérante sur l'activité végétale et les facteurs climatiques.

L'heure, elle nous permet de connaître à quel moment de la journée s'est déroulée l'incendie, elle met donc en valeur l'importance du cycle journalier et donc des fluctuations thermiques journalières sur la dynamique de l'incendie et par conséquent sur sa gravité. Selon (Trabaud, 1974), la propagation et l'intensité des incendies de forêts varient en fonction du temps de la journée (cycle journalière de brûlage) et de la saison (cycle saisonnier de brûlage).

-Le cycle journalier de brûlage :

Un incendie peut être déclaré à n'importe quels moments de la journée. Toutefois, lors d'une même journée, des moments sont propices au déclenchement et au développement des incendies par rapport à d'autres moments.

D'après (Trabaud, 1974), on y retrouve les périodes pendant lesquelles l'incendie peut augmenter ou diminuer d'intensité:

A- Dans la partie du cycle de brûlage qui se situe entre 13h.00' et 18h.00', le feu brûle avec une intensité maximale, la température est à son 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 18h.00' et 4h.00', le feu diminue graduellement d'intensité. Les combustibles absorbent l'humidité relative qui augmente dans l'atmosphère. Les vents sont plus calmes et la température va en décroissant, l'incendie est alors plus facile à maîtriser.

C- Dans la période de 4h 00 à 9h 00, 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.

De 9h 00 à 3h 00, le feu augmente d'intensité à mesure les conditions atmosphériques progressent, cette période est marquée par l'intensification de la combustion et les difficultés de combat s'accroissent.

-Le cycle saisonnier de brûlage :

En début de saison le feu ne brûle que les combustibles de surface. La terre froide, gelée par endroit, contient beaucoup d'humidité à mesure qu'on avance en saison, les températures augmentent et le feu brûle avec plus d'intensité pouvant monter jusqu'à la cime des arbres.

Le feu s'attaque aux combustibles de profondeur et par période de sécheresse, brûle l'humus jusqu'au sol minéral .A la fin de l'été, lorsque les journées d'ensoleillement sont plus courtes et que la température baisse, on assiste au processus inverse (**Berber et al, 2014**).

1.2.4. Facteurs climatiques :

Les facteurs climatiques à l'origine du déclenchement des feux peuvent énumérés comme suit: vent, températures, précipitations et humidité de l'air (**Berber et al, 2014**).

1.2.4.1. Action du vent:

Parmi les paramètres intervenant dans le déclenchement et la propagation des incendies de forêt, le vent joue un rôle particulièrement important. En effet, c'est le seul facteur climatique qui agit activement et directement en cas d'incendies, les autres paramètres agissent indirectement dans la mesure où l'influence se fait ressentir par le biais du combustible, plus précisément l'humidité du combustible (**Oudah, 1998**).Selon (**Blin, 1974**), l'action du vent est multiple.

- Il favorise le dessèchement des végétaux et des sols, augmentant ainsi les risques d'éclosion des feux.
- Il couche et allonge les flammes, favorisant donc la migration du feu.
- Par apport de nouvelles quantités d'oxygène, il augmente la masse de comburant mis à la disposition du feu.
- Par sa vitesse, sa turbulence et son type d'écoulement, il transporte parfois loin des brindilles en flammées allumant de nouveau foyers.

Alors que le relief joue également un rôle à double :

- La pente modifie l'inclinaison des flammes par rapport au sol, ce qui favorise les transferts thermiques vers la végétation située en amont.
- L'exposition détermine des versants chauds ou frais, et donc une végétation plus ou moins combustible. Elle individualise également des zones exposées au vent.

1.2.4.2. Action de précipitation :

Les précipitations, habituellement sous forme de pluies, peuvent à elles seules abaisser considérablement le risque d'incendie. L'efficacité de toute précipitation pour réduire ce risque varie selon la quantité de pluie et le moment où celle-ci se produit (**Berber et al, 2014**).

1.2.4.3. Action des températures :

La température est un facteur de dessèchement des combustibles. Elle est en fonction de la longueur du jour et des saisons (**Oudah, 1998**).

1.2.4.4. Action de l'humidité de l'air :

Selon (**Margerit, 1998**), l'humidité relative influe sur l'inflammabilité des combustibles. Le tableau 1 permet de mieux illustrer cette action de l'humidité de l'air.

Tableau 1 : Influence du taux d'humidité sur l'inflammabilité (Berber et al, 2014)

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

1.2.5. Les différentes catégories du feu :

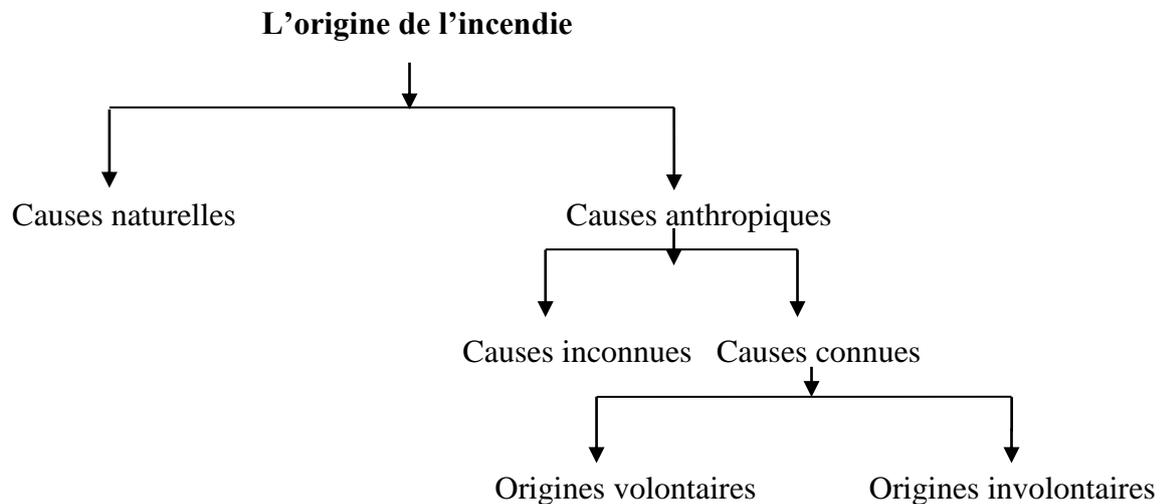
On en distingue : les feux de forme circulaire, les feux de forme irrégulière et les feux de forme elliptique. La forme que peut prendre un feu est conditionnée par la topographie du terrain, la nature du combustible ainsi que l'action du vent, son intensité et sa direction.

Les feux de forme circulaire sont généralement situés sur un terrain plat par temps calme, le combustible qu'on y retrouve est homogène. Les feux de forme irrégulière sont causés par de terrains en pente ou par des vents variables, on retrouve cette forme de feu où le combustible est hétérogène. Les feux elliptiques se forment généralement sur des terrains plats dans un combustible homogène ou l'on remarque la présence du vent qui souffle toujours dans la même direction (**Berber et al, 2014**).

1.3. L'origine de l'incendie :

L'origine des incendies de forêt varie selon les régions. C'est la raison pour laquelle qu'on recommande que tout plan de protection des forêts contre l'incendie doit asseoir une analyse approfondie des causes au niveau local afin de pouvoir déterminer avec précision les actions prioritaires. Ainsi, on veille d'élucider les différentes causes de mise à feu existantes et en conséquence d'attribuer pour chacune d'elles les moyens à pourvoir afin de réduire le nombre d'éclosions d'incendies liées à cette cause (**Montgolfier, 1989**).

Le classement par causes est à quelques variantes près le même pour l'ensemble des auteurs qui se sont penchés sur la question (**Guiran, 1974 ; Nicot, 1974 ; Susmel, 1974 ; Lehoueron, 1980 ; Alexandrian, 1992 ; Favre, 1992**). Le classement retenu est comme suit :



1.3.1. Causes naturelles :

L'inflammation spontanée de la végétation étant improbable, l'unique cause naturelle des incendies de forêt est la foudre.

Réel danger en régions boréales (orages « sec »), la foudre reste une cause peu probable (2 à 3% de cas) en pays méditerranéens. Le seul moyen de diminuer les risques, c'est la protection des installations situées en forêt et susceptibles de l'attirer tels que pylônes, lignes électriques...etc. (**Chelouah et Hamroune, 2009**).

1.3.2. Les causes anthropiques :

Les causes d'origine humaine, plus nombreuses, représentent l'essentiel des origines des incendies de forêt. Elles sont classées en deux groupes : causes connues et causes inconnues (**Berber et al, 2014**).

1.3.2.1. Les causes connues :

On retrouve des causes involontaires et des causes volontaires. Leur répartition dépend étroitement du contexte social, économique, politique et législatif de chaque pays (**Colin, 2001**).

L'incendie criminel et celui mis par jeu ou par plaisir relèvent être les causes volontaires. Les causes humaines involontaires sont diverses: imprudences et accidents dus à des défauts de fonctionnement d'équipement sont les causes les plus fréquentes des incendies de forêts (**Montgolfier, 1989**).

1.3.2.1.1. Les causes d'origines volontaires :

(Criminelle, vengeance, malveillance) sont provoqués soit par une mise à feu immédiate ou retardée (**Chelouah et Hamroune, 2009**).

1.3.2.1.2. Les causes d'origines involontaires :

Les imprudences et les accidents dus à des défauts de fonctionnement d'équipements sont les causes les plus fréquentes des incendies de forêt (**Chelouah et Hamroune, 2009**).

□ Les imprudences :

Les imprudences liées aux travaux agricoles ou forestiers sont les plus nombreuses les brûlages en plein air de chaumes, de sarments de vigne, de fanes de légumes, de rémanents d'exploitations forestiers, voire de broussailles coupées sur les « pare-feu » sont à l'origine de nombre de départs d'incendies.

Les imprudences liées aux loisirs en forêt : les acteurs sont ici aussi diversifiés (promeneurs, chasseurs, cueilleurs...) que les types d'imprudence qu'ils peuvent commettre (préparation de repas, jets de cigarettes ...) (**Chelouah et Hamroune, 2009**).

□ Les accidents :

Les accidents liés à la circulation : les particules incandescentes arrachées par le frottement de sabot de frein mal desserrés le long des voies ferrées.

Celle issues des pots d'échappement le long des voies de circulation routières constitue des risques manifestes.

Les accidents liés aux lignes électriques : des arcs électriques peuvent apparaître, lorsque des lignes sont mal agitées par le vent, et enflammer la végétation.

Les accidents liés aux dépôts d'ordure : les incendies partis de dépôts d'ordure officiels, lorsqu'ils sont mal contrôlés, aussi bien que des dépôts clandestins restent nombreux (**Chelouah et Hamroune, 2009**).

□ Le feu pastoral :

La déprise agricole a depuis quelques décennies, favorisé cette pratique dangereuse. L'abandon, sur des terres marginales, des méthodes culturales traditionnelles (assolements céréales, jachères pâturées, cultures en terrasses, parcours intensifs) provoque une multiplication des friches et des hermès (anciennes terres agricoles abandonnées) recolonisées par la végétation ligneuse (**Chelouah et Hamroune, 2009**).

1.3.3. Détermination des causes :

En 1992, Alexandrian et Gouiran proposent une méthode de détermination des causes appelée : analyse discriminante.

Le but de cette méthode est de déterminer une cause inconnue en prenant comme modèle de référence des causes connues.

On recherche les similitudes avec les feux de causes connues, les indices retenus sont variés : ils sont soit relatifs au feu (mois, jour, heure, localisation surface, détection, zone de départ, accessibilité, etc.). Soit relatif à la commune d'éclosion (principales causes connues locales, nombre de permis de chasse, population touristique, etc.).

Les feux de causes connues sont repartis aléatoirement en deux ensembles :

- ✓ Un ensemble servant à construire le modèle.
- ✓ Un ensemble test servant à vérifier la validité du modèle.

Le modèle obtenu est à la fois bon et mauvais.

•**Mauvais** : car il est incapable de prévoir correctement l'origine de chaque feu pris individuellement (il y arrive seulement une fois sur cinq) ; il ne permet donc pas le présumer de la cause d'un feu particulier.

•**Bon** : comme tout modèle théorique, au niveau des moyennes, en effet, la comparaison entre causes calculées et causes réelles montre que, globalement la part occupée par chacune des principales causes est bien respectée. Appliqué à grande échelle, ce modèle peut atteindre l'objectif visé, c'est-à-dire les principales causes.

1.4. Les conséquences des incendies :

Dans cette partie, nous allons évoquer les conséquences et les impacts des incendies. Ces derniers augmentent le niveau du dioxyde de carbone dans l'atmosphère, contribuent à l'effet de serre et au changement climatique. De plus les cendres détruisent une grande partie des éléments nutritifs et érodent le sol provoquant des inondations et des glissements de terrain.

1.4.1. 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 (feu de surface, feu de cime) et de l'intensité du feu, ainsi que de la sensibilité au feu de l'espèce. Un feu rapide provoque beaucoup moins de dommages qu'un feu lent (Colin, 2001).

1.4.2. Impact du feu sur l'environnement :

L'impact sur l'environnement les incendies ont différents impacts que ce soit sur le sol et la couverture végétale, la pédofaune ainsi que la flore forestière.

1.4.2.1. Actions sur les écosystèmes forestiers :

Elles sont très variables selon l'intensité du feu et la richesse biologique présente. La région dévastée par le feu offre un spectacle, un paysage noirci, quelques chicots d'arbres **(Berber et al, 2014)**.

1.4.2.2. Action sur le sol :

La destruction de la couverture végétale est également à l'origine de l'augmentation des risques d'érosion et d'inondation due au ruissellement. Il dépend étroitement du régime des précipitations post incendies **(Jappiot, 2002)**.

1.4.2.3. Action sur la pédofaune :

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

1.4.2.4. Action sur la faune forestière :

La perte d'organismes clés dans les écosystèmes forestiers, comme les invertébrés, les pollinisateurs et les décomposeurs, peut ralentir considérablement la régénération de la forêt **(Boer, 1989)**.

1.4.2.5. Impact socio-économique :

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. Il est très difficile d'évaluer les pertes économiques dues à un incendie, en raison de la difficulté d'appréhender les coûts indirects **(Colin, 2001)**.

1.5. Lutte contre les incendies de forêts :

1.5.1. Lutte préventive :

1.5.1.1. Education et sensibilisation du public :

On recommande de sensibiliser et d'informer le public par les outils et moyens suivants

(Grim, 1989 in Bentata, 1999) :

-Conférences sur les incendies.

-Diffusion à la télévision;

-Apprendre à sensibiliser l'enfant à l'école par des programmes écologiques, des exposés et des démonstrations inclus dans les programmes scolaires.

1.5.1.2. La réglementation de l'emploi du feu en forêt :

C'est un moyen d'obtenir par l'autorité ce qui ne peut être obtenu par la persuasion et l'éducation. Cette réglementation comporte les dispositions à prendre et les restrictions à imposer pour l'emploi du feu dans les zones forestières et pendant la période des incendies.

Elle concerne aussi les opérations d'incinérations des végétaux et des chaumes qui sont à l'origine de beaucoup d'incendies **(Djaballah, 1999)**.

1.5.1.3. Travaux d'aménagement' entretien et protection:

1.5.1.3.1. Les pistes forestières :

La rapidité d'intervention contre le feu est liée à la facilité de pénétration au sein du massif, soit à la densité des voies, leur qualité et leur signalisation.

Pour permettre d'atteindre le maximum de points possibles en forêt, les pistes doivent avoir une densité de 2 à 3km pour 100 ha de forêt **(Grim, 1989 in Bentata, 1999)**.

1.5.1.3.2. Tranchées Pare Feu :

Dans le cadre de la lutte préventive, elles ont pour fonction la circulation des personnels chargés de la surveillance des massifs pour un meilleur repérage des foyers.

Cependant, ces tranchées pare-feu doivent être régulièrement entretenues de la végétation annuelle particulièrement des graminées séchées qui peuvent constituer un terrain de prédilection à la propagation et développement des incendies d'une partie du massif à l'autre.

Elles peuvent aussi faire l'objet d'une plantation avec des espèces pyrorésistantes pouvant jouer le rôle de barrière biologique à la propagation du feu (espèces fruitières : figuier, cerisier, noyer, merisier, olivier...) dans le cadre d'un aménagement intégré **(Grim, 1989 in Bentata, 1999)**.

1.5.1.3.3. Points d'eau :

L'objet consiste à assurer le ravitaillement en eau des moyens de lutte en plaçant ces réserves d'eau à des croisements de trachées pare-feu. La création et l'aménagement de points d'eau est une opération aussi importante que l'infrastructure routière et l'ouverture des pare-feu est donc une phase introductrice (**Bentata, 1999**).

1.5.1.4. La surveillance, la détection et l'alerte :

1.5.1.4.1. Postes de vigies :

Ils sont généralement installés sur les points les plus culminants de la région à protéger. Les objectifs recherchés sont de déceler le plus vite possible un incendie naissant et d'alerter les secours nécessaires en leur donnant une localisation suffisamment précise pour éviter les erreurs de cheminement. L'installation des postes de surveillance doit répondre à plusieurs paramètres (**Benmessaoud, 1995 in Bentata, 1999**) :

- Le nombre, la fréquence et l'importance des incendies de la région déjà répertoriés;
- Les risques pour les populations riveraines;
- L'intérêt économique, touristique et écologique des peuplements.

1.5.1.4.2. Les brigades forestières mobiles (guet terrestre mobile) :

Les guetteurs dans les postes fixes partagent leurs tâches avec d'autres guetteurs mobiles, appelés brigades mobiles. Ces derniers ont une triple mission à savoir : signalisation des feux, intervention sur le début d'incendie et répriment les infractions à la réglementation sur l'emploi de feu.

Ces patrouilles sont équipées de moyens de locomotion généralement, un véhicule tout terrain, de moyens de transmission « postes émetteurs récepteurs » et du matériel de première intervention « pelle, batte feu, seau, extincteur... » (**Sahnoune, 1990**).

1.5.2. La lutte active :

Elle constitue la phase la plus décisive de tout système de protection. C'est à cette phase que se fait la suppression et la circonscription de tout feu déclaré et signalé par les équipes de guet (**Berber et al, 2014**).

1.5.2.1. Les moyens humains :

La lutte relève dans la plupart des pays, des services forestiers et surtout de la protection civile (pompiers). Les premiers par la mobilisation de ses ouvriers forestiers qui sont susceptibles de se transformer en sauveteurs en cas d'incendies qui sont appelés communément **sapeurs forestiers** dont la principale activité est consacrée à l'exécution de travaux d'entretien de l'infrastructure forestière, et en second lieu à la protection contre les incendies notamment les débuts d'incendies. Quant aux services de la protection civile, ils

disposent d'un personnel formé spécialisé et muni d'un matériel de lutte et d'extinction approprié (camions, citernes) (**Sahnoune, 1990**).

1.5.2.2. Les moyens matériels :

Les matériels de lutte contre les feux de forêts sont divers et nombreux. Les équipements sont identifiés différemment: petit et gros matériel (**Alexandre, 1985; Arrighi, 1972inSahnoune, 1990**).

-Le petit matériel : Cartes d'infrastructures forestières, pelles, pioches, haches, pompe dorsales, etc.

-Le gros matériel : Camions citernes, moyens aériens.

Chapitre II
Monographie sur
le cèdre de
l'Atlas

CHAPITRE II

MONOGRAPHIE SUR LE CÈDRE DE L'ATLAS

2.1. INTRODUCTION :

Le cèdre *Cedrus Link(1841)*, espèce essentiellement montagnarde, occupe des surfaces d'importance inégale et forme spontanément trois blocs géographiques distincts : Afrique du Nord, Asie mineure et Himalaya (**Boudy, 1950 ; Gaussen, 1964, Debazac, 1968 et Mhirit et Blerot, 1999**).

Le premier bloc représenté par *Cedrus atlantica manetti*, comprend l'Atlas marocain (130 000 ha), le Rif (15 000 ha) et l'Atlas algérien (40 .000 ha). Le deuxième bloc se divise en deux parties occupées chacune par une espèce particulière : *Cedrus libani* Barrel (1700 ha) au Liban, quelques centaines d'hectares en Syrie et plus de 160 000 ha en Turquie, dans le Taurus et l'Amanus, entre 1500 m et 2000 m d'altitude ; *Cedrus brevifolia* Henry, dans l'île de Chypre, en forêt de Paphos sur une aire très restreinte. Le troisième bloc, avec *Cedrus deodara* Loudon, est représenté dans les grands massifs de l'Inde et de l'Afghanistan sur le Nord-Ouest de l'Himalaya entre 1350 m et 3500 m d'altitude (**Mhirit et Blerot, 1999**).

2.2.Présentation de l'espèce

Le Cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica*, synonyme *Cedrus libani* subsp. *atlantica*) est une espèce d'arbres conifères de la famille des Pinaceae anciennement considérée comme une sous-espèce du cèdre du Liban. Elle est originaire de l'Atlas, massif montagneux d'Afrique du Nord. Dans son aire naturelle, au Maroc et en Algérie, elle est considérée comme en danger par l'UICN. Arbre majestueux, il a été planté dans de nombreux parcs.

2.2.1. Taxonomie (**Emberger et Chadefaud, 1960**)

Embranchement : Spermaphytes.

Sous-embranchement : Gymnospermes.

Classe : Vectrices.

Ordre : Coniférales.

Famille : Pinacées.

Sous-famille : Abiétées.

Genre : *Cedrus*.

Espèce : *Cedrus atlantica* Manetti

Nom vernaculaire : - arabe : Meddad ou El-Arz.

- berbère : Beguenoun ou Inguel.

- français : cèdre de l'Atlas.

2.3. L'aire de répartition

Cèdre de l'Atlas vit dans les zones montagneuses et les cédraies se développent entre une altitude de 1 500 et 2 500 m, avec une préférence pour les versants nord et ouest beaucoup plus arrosés. La sécheresse des dernières années et surtout une déforestation galopante ont considérablement réduit son aire de répartition.

2.3.1. L'aire naturelle

Le cèdre de l'Atlas est une essence caractéristique des montagnes de L'Afrique du Nord et plus précisément du Maroc et de L'Algérie (**Boudy, 1950**). Au Maroc : le cèdre de l'Atlas occupe deux blocs, le premier dans le grand Atlas oriental et Moyen Atlas avec une superficie de 116.000ha, le second dans le Rif occidental et central avec une superficie de 15.000 ha (**M'herit, 1982**).

En Algérie : l'aire du cèdre de l'Atlas est très morcelée ; elle est répartie en îlots dispersés d'importance inégale.

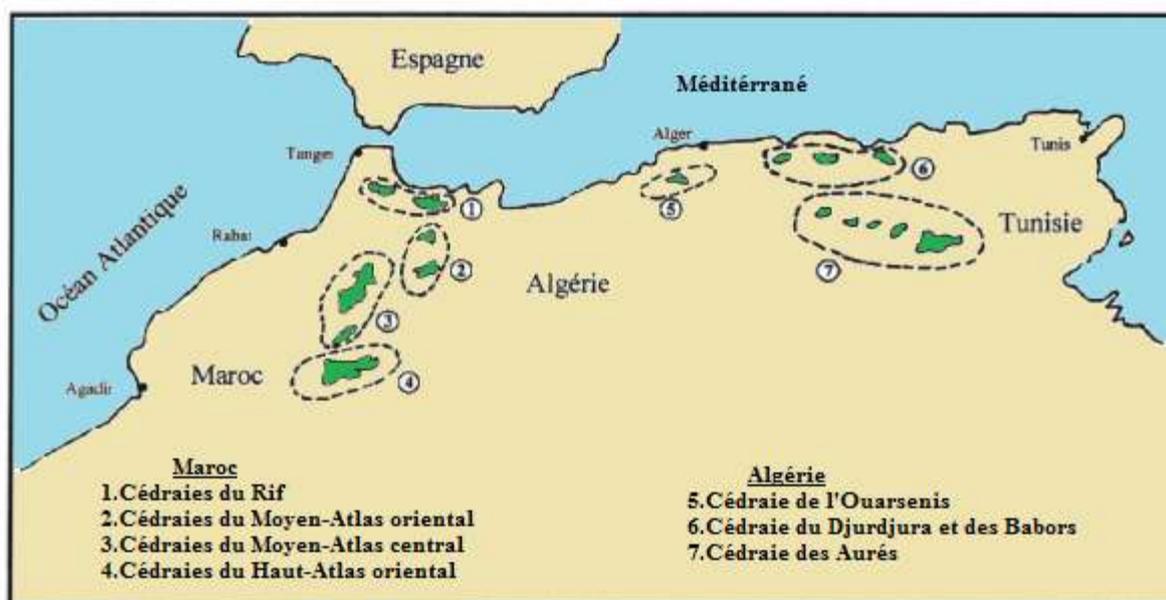


Fig. n°10: Répartition actuelle du cèdre de l'Atlas (Mherit et Blerot,1999)

La cédraie algérienne occupe deux zones climatiques différentes:

Une zone sèche, caractérisée par les conditions climatiques les plus sévères et soumise aux influences sahariennes (Aurès).

Une zone humide qui bénéficie d'un climat particulièrement favorable localisée plus près de la mer (**Pradal, 1979 ; Abdessemed, 1981**).

Le cèdre de l'Atlas couvre en Algérie une superficie de 30.400 ha, dont les plus importantes 17.000 ha) se situent dans les Aurès, ainsi que sur les monts de Hodna (8.000ha). Le reste de la cédraie est réparti dans L'Atlas Tellien (Djurdjura 2.000 ha Babors, 1 .300 ha Ouarsenis. 100ha et Atlas Blidéen. 1.000 ha. (**Boudy, 1950 et M'herit, 1993**).

Au niveau de l'Aurès le cèdre de l'Atlas forme plusieurs taches réparties comme suit (Tableau 2):

Tableau 2 : La répartition du cèdre dans les Aurès. Abdessemd (1981)

| Zones | FAUREL et LAFFITE (1949) | F.A.O (1971) |
|-------------------------|--------------------------|--------------|
| Bélezma | 8.000 ha | 4.254 ha |
| Chélia | 7.000 ha | 2.375 ha |
| Ouled Yagoub | 4.000 ha | 3.300 ha |
| S'gag | 500 ha | 2.039 ha |
| Dj Azreg g et Dj Taghda | 550 ha | 0 ha |
| Total | 20.050 ha | 10.629 ha |

Ce tableau donne une idée sur la régression du cèdre de l'Atlas de 1949 à 1971 dans l'Aurès confirmant que la superficie a été réduite de près de la moitié. Les données montrent qu'il y a nécessité d'actualiser les superficies réellement occupées par les formations de cèdre, car les chiffres donnés par les différents auteurs sont parfois incohérents.

2.3.2. L'aire d'introduction

Le cèdre de l'Atlas a été employé d'abord comme espèce ornementale et ensuite comme espèce de reboisement dans les pays circumméditerranéens. On cite les dates d'introduction de 1862 sur le mont Ventoux (France), 1864 en Italie, 1890 en Bulgarie (**M'hirit, 1982**). Il est introduit à titre expérimental en Yougoslavie, en Espagne, au Portugal, en Angleterre et en Belgique (**Nedjahi, 1988**). Le cèdre a été introduit même en dehors des pays du pourtour méditerranéen en U.R.S.S comme espèce de reboisement en 1890. Aux U.S.A il est parfaitement adapté et fait actuellement l'objet de vastes projets de reboisement (**Nedjahi, 1988**).

2.4. Caractéristiques dendrologiques du cèdre de l'Atlas

A. Port

Le cèdre de l'Atlas est un arbre de haute taille, dépassant souvent 50m, Il a un port droit-conique et ou pyramidal à l'état jeune (**Boudy, 1952**), il prend une forme tabulaire en vieillissant (**Debazac, 1964**). Son tronc est monopodial, orthotrope, à croissance rythmique (**Barthelemy et al. 1989 in Sabatier et Barthelemy, 1994**). Le diamètre du tronc prend souvent des formes considérables pouvant atteindre 1m (**Maire, 1952**). La cime est trapue quand l'arbre est isolé et prend une forme tabulaire à un âge avancé (**Boudy, 1952**).

B. Système racinaire

Le système racinaire est développé, mais rarement pivotant et la stabilité de l'arbre est assurée (**Boudy, 1952**). Les racines obliques sont très fortes, colonisent les sols profonds et humides (**Toth, 1970 in Krouchi, 2010**).

C. Ecorce

L'écorce de cèdre de l'Atlas est de couleur grise, de forme écailleuse lisse qui se crevasse avec l'âge (**M'hirit, 2006**).

D. Feuilles

Les feuilles en forme d'aiguilles aiguës, isolées sur les jeunes rameaux longs et en rosettes sur les rameaux Courts latéraux, persistantes, elles présentent un certain nombre de lignes de stomates sur les trois faces, et elles sont dotée d'un apex pointu (**Maire, 1952**), gris bleu et vivant généralement 3ans.

La longueur des aiguilles est comprise entre 1et 2 cm et en moyenne de 25mm (**Boudy, 1952**), Pour le Djurdjura, elle est en moyenne de 17mm à l'échelle de 30 sujets adultes de la cédraie de Tala Guilef (**Debazak,1964**) et de 19.32mm à l'échelle d'un échantillon plus large de 79 arbres de la même cédraie (**Krouchi, 2010**).

E. Rameaux

Les rameaux ne sont jamais verticillés, ils sont de deux types:

Les rameaux longs de couleur grise jaunâtre pubescents qui ne poilent que des aiguilles isolées pendant la première année.

Les rameaux courts trapus, insérés sur les précédents et terminés par un bouquet d'aiguilles très nombreuses et très serrées. Les bourgeons sont petits et écailleux de couleur gris jaunâtre.

F. Organes de reproduction

Le cycle de reproduction du cèdre de l'Atlas ainsi que l'évolution des principaux caractères biométriques des organes de reproduction femelles, nous ont permis d'une part de déterminer l'évolution et la production des inflorescences femelles, des cônes d'une année et de deux années et de l'autre part de distinguer les principales phénophases : Floraison Pollinisation-Fécondation - Phases de croissance et de maturation -Dissémination des graines.

La production des organes de reproduction femelles ou nous avons déterminé l'estimation de la fructification et les possibilités de récolte ; les fréquences de la floraison, la production ainsi que la floraison individuelle et les prévisions de récolte.

Le présent chapitre qui traite **les cônes** et **les graines** en fonction de la station, des années de fructification, des cônes et des branches. Il a pour objet l'étude de **la répartition** des différents types et catégories de graines dans le cône, **la production** des différents types de graines,

la biométrie des cônes mûrs et des graines fertiles et attaquées ainsi que les relations entre les caractères biométriques des cônes (N+2) et leur production grainière.

Les variables morphologiques des fruits, qui traduisent les caractères physiologiques (croissance -- capacité photosynthétique - résistance à la sécheresse...), sont très utilisées pour étudier les populations des essences forestières d'une même espèce (*Cedrus atlantica* M) ou d'un même genre (*Cedrus*) au sein d'une même station ou dans des stations différentes en relation avec certains paramètres de l'arbre et du milieu.

Certaines de ces variables, comme le poids des cônes et des graines ainsi que la production qualitative des graines ont été utilisées par Toth (1973a, 1975, 1978, 1978a, 1978b) pour analyser la fructification en relation avec la régénération naturelle du cèdre de l'Atlas **Trosset (1988)**. Note que la régénération naturelle des **forets** est soumise à de nombreux aléas comme l'irrégularité de la fructification et de la production des semences, graines avortées, destructions par les insectes... **Cantegrel (1988)** rapporte que la pérennité du pin à crochets est en relation avec la production grainière : destruction des graines dans l'arbre et au sol

Derridj (1990) en étudiant la biométrie des cônes et des graines a différencié les populations de *Cedrus atlantica* M. Sur des territoires géographiques discontinus (Aures - Djurdjura - Ouarasenis) et au sein d'une même station (Tala - Guilef).

La variable poids des graines fertiles, a été traité par **Harrouche (1991)** pour différencier les populations de *Cedrus* en relation avec les paramètres du milieu. **Gausse (1964)** a différencié le genre *Cedrus* utilisant le caractère poids des cônes murs. D'autres auteurs, comme **Arbez et al (1978)**, **Pradal (1979)**, **Toth (1982 – 1984)**, **Aussenac (1984)** et **Bariteau et al (1990)** ont utilisé les caractères biométriques des différents organes du cèdre pour étudier sa variabilité géographique, bioclimatique et éco physiologique. **Krouchi (1995)** a étudié le succès de reproduction du cèdre de l'Atlas, en utilisant comme variable la biomasse des chatons mâles, des cônelets, des cônes et la qualité grainière.

g. Longévité

La longévité du cèdre de l'Atlas est impressionnante, elle dépasse certainement 600 à 700 ans, on lui attribue 1000 ans et plus. Il peut donner des graines fertiles jusqu'à un âge avancé (**Boudy, 1952**).



Fig. n°11: Caractères dendrologiques de cèdre de l'Atlas (Mairif, 2014).

2.5. Caractéristiques écologiques et bioclimatiques du cèdre de l'atlas

Le cèdre de l'Atlas est une essence essentiellement montagnarde (Mhirit, 1994 ; Quézel, 2000). Sa répartition semble être liée à plusieurs facteurs écologiques qui sont : le climat, l'altitude, l'exposition et les conditions édaphiques, mais aussi l'action de l'homme (Faurel et Laffitte, 1949 ; Boudy, 1950 ; Derridj, 1990 ; Mhirit, 1994 ; Yahi et Mediouni, 1997).

2.5.1. Exigences climatiques

Pour Faurel (1947) cité par Abdelhamid (1998), la répartition géographique des cédraies est le résultat de composantes d'ordre presque climatique. Il est généralement bien venant sous climat méditerranéen humide et froid à continentalité un peu accentuée (Boudy, 1950).

2.5.1.1. Les Précipitations

Les précipitations estivales jouent un rôle déterminant. Le cèdre l'Atlas est une essence pas trop exigeante pour la pluviométrie allant de 450 m/an à 1.700 m/an (Schoenenberger 1970, Toth, 1979 in Hadji, 1991).

En Algérie, les cédraies sèches des Aurès et du Hodna ne reçoivent qu'une tranche pluviométrique comprise entre 500 et 700mm par an. Celles du Djurdjura, des Babors, de l'Ouarsenis, de Chréa et Meurdja plus humide reçoivent 1.100 à 2.100 mm par an (Derridj, 1990).

2.5.1.2. Les Températures

Le cèdre sauf au stade de plantule supporte facilement les variations de température. Cela ne l'empêche pas d'exiger une certaine ambiance de température qui peut être de 9,8C° à 12C° pour la température moyenne annuelle, de 15C° pour la température minimale et de 39 C° pour la température maximale (Abdelhamid, 1998).

Selon Boudy (1950) le cèdre résisterait à très basse température (-20C°).

2.5.1.3. Humidité de l'air et enneigement

Le cèdre présente une bonne résistance à la neige qui protège les jeunes semis, alors que le nombre de jours d'enneigement est de 22 à 32 jours. La moyenne de l'humidité de l'air est comprise entre 60% et 70% (Hadji, 1991).

2.5.2. Substrat

Selon **Boudy (1950)**, le cèdre présente une préférence marquée pour les terrains mouillants et les cuvettes argileuses mal drainées. Il évite les argiles et les marnes. On peut constater que le cèdre a une prédilection marquée pour les sols meubles ou caillouteux, profonds et perméables, permettant au système racinaire des plantules de croître facilement et d'atteindre ainsi les horizons protégés de la dessiccation estivale (**Toth, 1978 in Mairif, 2014**). La régénération du cèdre sur sol forestier dépend de la couche d'humus et de son importance (**Boudy, 1952**).

Boudy (1950), note que les neufs dixième des cédraies d'Algérie se localisent sur des formations siliceuses et en bien moindre proportion sur calcaire du crétacé.

2.5.3. Exposition

Elle joue un rôle important dans la répartition des hauteurs de la pluie et par conséquent dans la distribution des végétaux. En Algérie, les vents dominants humides sont de direction Nord-Ouest (**Halimi, 1980**). Ainsi les expositions faisant face à ces vents sont plus arrosées que les autres expositions. Elles portent les plus beaux cèdres.

Au Maroc, les vastes cédraies sont toutes exposées à des vents d'Ouest (Atlantique) chargés d'humidité. En Algérie, les expositions Nord et Nord-Ouest sont non seulement bien arrosées mais également à l'abri des vents desséchants (Sirocco), elles portent les plus beaux peuplements (**Hadji, 1998**).

2.5.4. Altitude

Selon **Boudy (1950)** sur le versant Nord de l'Atlas Tellien, le cèdre commence à apparaître vers 1.300m, alors qu'au versant Sud il débute à 1.400m.

Quezel (1976) a signalé que la cédraie peut descendre jusqu'à 900m en Algérie et elle peut aller jusqu'à 2.000m à 2.500 m.

Dans les Aurès, il se trouve sur des altitudes plus importantes. Les limites inférieures sont situées entre 1400 et 1500m sur les expositions Nord et 1600m sur celles du Sud (**Abdessamed, 1981**).

Dans l'Ouarsenis, **Sari (1977)** fixe les limites inférieures à 1.200-1.250m, pour Theniet El Had et 1.000m au Sraa Si Abdelkader.

Au Maroc, **Boudy (1950-1952)** signale que la cédraie apparaît entre 1.300 et 1.800m avec un optimum situé entre 1.800 et 2.000m. Au-delà de 2.800m, le cèdre est dominé par le genévrier thurifère.

En France, le cèdre de l'Atlas descend jusqu'à 450m dans le massif des Maures. Il prospère bien à 1.000m dans le massif de Riasses et il est dans son optimum entre 600 et 750m au Mont Ventoux (**Toth, 1980 in Mairif, 2014**).

2.5.5. La Végétation

L'association de cèdre de l'Atlas présente deux faciès bien distincts (**Boudy, 1950**) :

Un faciès relativement sec en Algérie et au Maroc dans le grand Atlas Oriental avec : *Juniperus communis*, *Bulpleurum spinosum*, *Ephedra brodensis*, *Quercus ilex*, *Ilex aquifolium*, *Taxus baccata*.

Un faciès humide au Maroc : avec abondance de *Quercus ilex*.

Le même auteur ajoute qu'en Algérie, le cèdre de l'Atlas se trouve en mélange aux altitudes inférieures, avec le chêne vert et aux altitudes supérieures avec le chêne zeen (Babors, Theniet el Had) aux limites supérieures de son aire écologique dans les Aurès, il est associé au genévrier thurifère.

2.6. La régénération naturelle de cèdre de l'Atlas

La régénération de *Cedrus atlantica* a été demeurée toujours un problème important pour le renouvellement et la pérennité des cédraies en Afrique du Nord.

Boudy (1950 et 1952) souligne les difficultés et les contradictions de la régénération du cèdre de l'Atlas. Il note que ce problème beaucoup plus complexe pour le cèdre que pour les autres espèces. Les facteurs les plus déterminants qui inhibent la régénération sont :

Le Climat

La précocité des chaleurs printanières détermine la date d'apparition des premières plantules et leurs chances de survie au-delà du premier été.

Le climat permet de distinguer deux cas où le comportement de la cédraie est totalement différent : (**Abdelhamid, 1998**).

- La cédraie d'altitude à hiver long, à date de germination tardive.
- La cédraie basse à hiver court avec des germinations précoces.

La jeune germination aura d'autant plus de chance de se maintenir jusqu'en octobre, qu'elle sera davantage alimentée en eau (**Lepoutre et Pujos, 1963**). Plus les précipitations post hivernales sont importantes, et meilleures seront les conditions de survie.

La graine doit subir l'action d'une température basse pour pouvoir germer. Selon (**Lepoutre et Pujos, 1963**), cette température est de l'ordre de (-05° C) pour les températures moyennes minimales.

Les températures basses nécessaires à la levée de dormance doivent être associées aux moyennes maximales assez élevées pour entraîner le processus de division cellulaire. Ces températures doivent être supérieures à 09°C pour une durée de 9 à 10 jours (**Lepoutre et Pujos, 1963**).

Aussi, les gelés peuvent jouer un rôle négatif à l'égard de la graine en germination puisque le cèdre a besoin d'une certaine chaleur hivernale pour pouvoir germer (**Batel, 1990**).

La végétation

Le couvert végétal a lui aussi un rôle important dans la régénération naturelle. L'action de ce facteur réside, d'une part, qu'il retarde la date d'apparition des plantules, d'autre part, la décomposition de la matière organique se fait mal dans les conditions de luminosité du couvert en conséquence le point de flétrissement s'élève et rend les conditions du milieu édaphique plus défavorables. Le cèdre préfère la pleine lumière et sa régénération dans les zones découvertes est abondante (**Batel, 1990**).

Le pâturage

La composante principale du cheptel dans le parc national est la chèvre qui broute les jeunes semis et les pousses tendres du cèdre. La disposition des bourgeons terminaux a par conséquent un arrêt complet de l'accroissement en hauteur. En plus de la destruction de la régénération par broutage, le cheptel exerce une action destructive sur le sol par piétinement et le tassement des horizons superficiels du sol (**Melazem, 1990**).

Le sol

Pujos (1964), a montré que les facteurs édaphiques sont subordonnés aux facteurs climatiques et signale qu'une forte teneur en matière organique élève le point de flétrissement du sol de façon considérable et provoque ainsi des conditions hydriques qui peuvent interdire non seulement la conservation des jeunes semis en été mais leur disparition en fin d'hiver si la sécheresse estivale succède trop rapidement au froid. (**Lepoutre et Pujos, 1963**), note qu'une teneur excessive en argile agit dans le même sens qu'une teneur élevée en matière organique. **Nedjahi (1988)**, affirme que la germination de l'année est facile sur les sols superficiels nécessite une certaine profondeur du sol pour résister à la sécheresse.

2.6.1. La régénération naturelle du cèdre de l'Atlas en Algérie

Les conditions de la régénération de cédraie Algérienne sont très différentes et infiniment plus délicates que celles des boisements de l'Europe moyenne.

Nedjahi (1988), a montré que la cédraie de Chrèa présente un potentiel de régénération élevé quoi qu'il est influencé par les facteurs écologiques et anthropiques, et dans les Aurès où le cèdre occupe la surface la plus importante de son aire, la régénération est fort capricieuse et s'opère très souvent par coupe.

Au niveau de certaines zones du parc national de Theniet El Had, la régénération naturelle du cèdre de l'Atlas est difficile, voire impossible car les conditions de milieu sont défavorables à la fructification, à la conservation, à la germination des graines et à la survie des jeunes plantes (**Hadji, 1998**).

2.6.2. La Régénération naturelle du cèdre de l'Atlas au Maroc

La cédraie marocaine se rencontre sous différents états (**Hadji, 1991**).

- ◆ Futaie pure, pleine ou jardinée sur sol profond et humide ;
- ◆ Vieille futaie claire et dépérissant ;
- ◆ Vielle futaie pleine sur calcaire ;
- ◆ Futaie en mélange.

Le taux de régénération naturelle du cèdre est faible sur les terrains calcaires du moyen Atlas et meilleur sur les sols profonds gréseux et siliceux du Rif où les précipitations y sont assez abondantes.

En effet, la dormance profonde des graines qui ne peut être levée que par un froid humide et le manque de régénération des parcours est autant de facteurs inhibiteurs de la réussite de la régénération naturelle du cèdre au Maroc (**Garadi, 1992**).

Actuellement, 4880ha font l'objet de reboisement à base de cèdre dont le but recherché est celui de la production de bois d'œuvre.

2.7. Les Ennemis du cèdre de l'atlas:

Les ennemis du cèdre sont généralement les insectes, les champignons, les dégâts causés par l'homme et les incendies.

2.7.1. Les insectes

Le cèdre de l'Atlas peut être attaqué par les insectes tels que

- **Acleris undulana** (tordeuse du cèdre): Insecte ravageur des aiguilles de cèdre de L'Atlas (**Roque, 1983**).
- **Thaumetopoea bonjeani** (processionnaire du cèdre) Insecte ravageur des aiguilles l'arbre apparaît totalement défeuillé et donne l'aspect d'un arbre incendié (**Roque, 1983**).
- **Megastigmus pinsapinis** Attaque les graines, il est le responsable de la perte d'an moins 13% des graines (**Bariteau et al, 1994**).
- **Epinotai cedria** Cause des défoliations périodiques sur les aiguilles, demeurant sur les branches, surtout en hiver.
- **Evertria Bualina schiff** (Tordeuse des pousses du cèdre): Elle élimine la partie non ligneuse des pousses terminales.
- **Cedrobium laportei** (puceron du cèdre) : Cet insecte provoque des dégâts par ses pullulations printanières et automnales, entraînant une défoliation partielle ou totale des arbres et quelquefois la mort des sujets fortement infestés (**Farbet et Rabase, 1985**).

Tableau 3 : Insectes des cônes du Cèdre dans son aire naturelle (**Roque, 1983 in Mille, 1986 ; NageleienAgeleisen, 2007 ; Mouna, 1994**).

| Espèce | Insectes de cônes (graines) | Pays |
|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| Cedrus | - Diorytria peltieri Jaonnis (Lépidoptère, pyralida) | Algérie |
| Adantica | - Ernobius fructuum Peyer (Lépidoptère, Pyralida) - Magastigmus Suspevtus var. pinsapinis Hoff (Hymenoptère, Torymidae) - Hapleginella laevifrous (inflorescences males) - Peyerimhoffi Dejoannis (inflorescences femelle) - Rhodophaea praestantella | Maroc |
| Cedrus | - Barbara osmana Obr. (Lépidoptère, Pyczlidae) | Turquie |
| Libani | - Ernobius abietis F. (Coléoptère, anobiidae) | |
| | - Ernobius anaticus Johns. (Coléoptère, Attoblidae) | |
| | - Ernobius angusticollis Ratz. (Coléoptère, Annbiidae) | |
| | - Megastigmus schimitschekii Novitz. (Hyménoptère, Torymidae) | |
| | - Megastigmus sp. (Hyménoptère Torymidae) | Liban |
| Cedrus | - Megastigmus schimitschekii Novitz. (Hyménoptère, Torymidae) | Chypre |
| Brevifolia | | |

Tableau 4 : Cochenilles rencontrées sur le cèdre (Balachowsky, 1954, in Mille, 1986).

| Espèce | Insectes de cônes (graines) | Pays |
|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| Cedrus | - Diorytria peltieri Jaonnis (Lépidoptère, pyralida) | Algérie |
| Atlantica | - Ernobius fructuum Peyer (Lépidoptère, Pyralida) - Magastigmus Suspevtus var. pinsapinis Hoff (Hymenoptère, Torymidae) - Hapleginella laevifrous (inflorescences males) - Peyerimhoffi Dejoannis (inflorescences femelle) - Rhodophaea praestantella | Maroc |
| Cedrus | - Barbara osmana Obr. (Lépidoptère, Pyczlidae) | Turquie |
| Libani | - Ernobius abietis F. (Coléoptère, anobiidae) | |
| | - Ernobius anaticus Johns (Coléoptère, Attoblidae) | |
| | - Ernobius angusticollis Ratz. (Coléoptère, Annbiidae) | |
| | - Megastigmus schimitschekii Novitz. (Hyménoptère, Torymidae) | |
| | - Megastigmus sp. (Hyménoptère Torymidae) | Liban |
| Cedrus | - Megastigmus schimitschekii Novitz. (Hyménoptère, Torymidae) | Chypre |
| Brevifolia | | |

2.7.2. Les champignons

Parmi les champignons qui causent des dégâts redoutables au cèdre, on cite

- **Polyporus officinalis** : Cause des altérations très graves au bois.
- **Armillaria mellea** : Champignon qui attaque surtout les racines et le tronc (**Boudy, 1952**).

En plus des insectes et des champignons. On peut citer le sanglier qui peut causer des dommages à la régénération naturelle du cèdre par son mode de nourriture et notamment par le piétinement.

2.7.3. Le bétail

Surtout les bovins et les caprins lâché en liberté dans la forêt cause, de terribles dégâts en piétinant et compactant le sol et en broutant les parties terminales des jeunes pousses (**Belkhiri, 1993**).

2.7.4. Actions anthropiques

L'homme par son action directe (coupes illicites, défrichements) ou indirecte (parcours) a contribué à la régression des formations végétales en général et de la cédraie en particulier, il reste l'ennemi le plus dangereux du cèdre de l'Atlas (**Abdessemed, 1981 ; El Yousfi, 1994**).

Le bétail (surtout Bovins) lâché en liberté dans la forêt cause de terribles dégâts par leur empiètement qui compacte le sol (**Mazirt, 1991 ; Belkhiri, 1993**). Les jeunes cèdres n'échappent pas à leur tour à la dent du bétail, qui en broute les parties terminales vertes. De tels arbres, même s'ils grandissent donneront des individus avec des paramètres dendrométriques en dessous de la moyenne (faible production, hauteur insuffisantes) (**Bnef, 1985**).

D'une manière générale, le pacage incontrôlé constitue l'une des principales causes de la destruction de l'écosystème forestier.

2.7.5. Les incendie

De toutes les espèces qui composent la forêt méditerranéenne, le cèdre est le moins inflammable et le moins combustible. En peuplement dense, le cèdre élimine toute végétation herbacée, de ce fait il est peu propice au feu (**Boudy, 1950 ; Toth, 1970 in Mairif, 2014**).

Le Feuillage du cèdre est peu inflammable (y compris les aiguilles anciennes), il constitue une litière très compacte et très peu combustible. De plus, en peuplement fermé, l'absence de vecteur de propagation du feu entre le sol et les houppiers (élagage naturel), limite le risque de passage du feu de la surface du sol vers les cimes (**Anonyme, 1987**). Ils ne brûlent généralement que les sujets secs sur pied ou gisant. Néanmoins, le feu détruit les jeunes semis et compromet les reboisements (**Elyousfi, 1994**), les zones incendiées sont en outre assez rapidement colonisées par les semis naturels (**Anonyme, 1987**).

Les feux qui ont enregistré au niveau du parc national des cèdres de Theniet et Had :

- Feu n°09 : Lieu dit : Quartene / Chrairia Forêt des cèdres

Commune de Theniet el Had.

Date et heure de déclenchement : 24-06-2019 à 20 :30

Date et heure de maîtrise : 25-06-2019 à 04 :00

Superficie parcourue le feu : 05 ha de maquis de chêne vert, genévrier oxycèdre.

- Feu n°12 : Lieu-dit Kef Siga forêt des cèdres

Commune des Theniet el Had

Date et heure de déclenchement : 26-06-2019 à 11 :30

Date et heure de maîtrise : 27-06-2019 à 10 :00

Superficie parcourue le feu : 23 ha (05 ha de maquis + 18 ha de broussailles)

*47 sujets de cèdre de l'atlas touches.

*03 sujets de cheene zeen touches.

*05 sujets de l'érable de Montplier touches.

*05 ha taillais de cheene vert (maquis).

*Tapis herbacée

Intervenantes : Foreet , Protection Civile , Parc National , ANP , Population.

- Feu n°64 : Lieu-dit Sidi Abdoune Foreet des cèdres

Commune de Thenit el Had

Date et heure de déclenchement : 28-09-2019 à 15 :50

Date et heure de maîtrise : 28-09-2019 à 17 :15

Superficie parcourue le feu : 0.02 ha (200 m²) de forêt (15 arbres de chêne liège + 01 arbre de genévrier oxycèdre).

Intervenants : Forêt, Protection Civile, Parc National, ANP, Population

- Feu n°69 : Lieu-dit Sidi Abdoune Forêt des Cèdres

Commune de Thenit el Had

Date et heure de déclenchement : 01-10-2019 à 14 :40

Date et heure de maîtrise : 01-10-2019 à 15 :40

Superficie parcourue le feu : 0.012 ha (120 m²) de forêt (30 arbres de chêne liège + 12 arbres chêne vert).

Intervenants : Forêt, Parc National.

(La direction des forts du Wilaya de tissemsilt)

Récap des incendies du parc national des cèdres Durant la campagne 2019 :

| N° du Feu | Daira | Commune | Fooret / Lieu-Dit | Superficies Incendiées (ha) | | | | |
|------------------|--------------------------|------------------|---------------------|-----------------------------|--------|---------------|-------|--------|
| | | | | Forêt | Maquis | Brous sailles | Autre | Total |
| 09 | Theniet el had | Theniet el had | Ouartene / kef siga | 0 | 05 | 0 | 0 | 05 |
| 12 | Theniet el had | Theniet el had | Kef Siga | 0 | 05 | 18 | 0 | 23 |
| 64 | Theniet el had | Theniet el had | Sidi Abdoune | 0.02 | 0 | 0 | 0 | 0.02 |
| 69 | Theniet el had | Sidi Boutouchent | Sidi Abdoune | 0.012 | 0 | 0 | 0 | 0.012 |
| 04 Foyers | Total | | | 0.032 | 10 | 18 | 0 | 28.032 |

2.8. Valeurs écologiques et patrimoniales

Le cèdre de l'Atlas est considéré comme l'espèce noble par excellence en Afrique du Nord (**Boudy, 1950 ; Quézel et Santa, 1963**). Par son port majestueux monopodial, sa circonférence atteignant parfois 10 m et sa longévité millénaire, cette espèce occupe un eplace importante dans les paysages méditerranéens (**Toth, 2005 in Mairif, 2014**).

Les écosystèmes à cèdre offre un paysage unique et très adorable, tant par sa beauté, mais aussi par sa richesse en espèces végétales et animales (**Benabid, 2000**). Sur le plan économique, cette espèce peut jouer le rôle d'un véritable moteur de développement, par la création de l'emploi, l'exploitation, ainsi que les activités récréatives telles que le tourisme (**Benchekroune, 1994**).

2.9. Résistance du cèdre à la sécheresse

La résistance à la sécheresse chez le cèdre réside dans son développement racinaire profond et rapide (**Grieu et Aussenac, 1988**).

D'après **Ducrey (1993)**, L'adaptation du cèdre de l'Atlas à la sécheresse réside dans sa bonne croissance radiaire et sa capacité à prospector le sol en profondeur, ce qui explique le relativement bon comportement des cèdres sur sols calcaires superficiels mais fissurés. Le cèdre résiste à des stress hydriques très important.

2.9. Utilisation du cèdre

Selon **Toth(1980)** le cèdre est une essence capable de remplir plusieurs rôles à la fois et ça malgré les conditions écologiques souvent difficiles et la surface restreinte qu'elle occupe.

- ✓ La qualité du bois du cèdre est supérieure à celle de tous les pins dans le méditerrané, Elle lui assure toutes sorte d'utilisation, fabrication de chalets de Montagne, menuiserie, charpente poteaux, placage intérieur, meubles rustiques les produits d'éclaircie peuvent être utilisés également en papeterie, mélanges en faible quantité avec pins (**M'herit, 2006**). Il peut même fournir de la térébenthine (**Becker et al, 1983 in Beloula, 2010**).
- ✓ Il sert également à la fabrication des sarcophages et du cercueil de certains papes (**De Vilmorin, 2003 in Beloula, 2010**).
- ✓ Le cèdre de l'Atlas bénéficie d'une grande facilité de régénération naturelle dans les étages de chêne vert en Afrique du Nord et chêne pubescent en France, assurant ainsi la pérennité des peuplements et permettant des reboisements économiques par point d'appui (**M'herit et Benzyane, 2006**).
- ✓ Protection contre l'incendie, feuillage peut inflammable (**Alexandrian et Gouiran, 1992; Aussenac, 1981**), avec l'élimination de la végétation herbacée très inflammable (**Toth, 1980 in Mairif, 2014**).
- ✓ Maintien d'un équilibre biologique en protégeant et en améliorant le sol (**Toth, 1980 in Mairif, 2014**).

Toutes ces qualités d'adaptation a priori aux conditions climatiques, édaphiques de la zone méditerranéennes et justifie donc son utilisation importante en reboisement (**Toth, 1980 in Mairif, 2014**).

Chapitre III

Présentation de la zone d'étude

CHAPITRE III

PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

3.1. Historique :

Entre 1843 et 1885, la forêt domaniale de Theniet El Had avait connu des exploitations considérables par les services forestiers coloniale ce qui la conduisait progressivement à sa dégradation (**Anonyme, 1984**). Toutefois, quelques incendies graves avaient affecté entre autre les beaux peuplements de chêne liège du versant sud de la cédraie, essentiellement en 1902, 1903 et 1905. Les superficies brûlées étaient évaluées respectivement à 400, 155 et 130 ha dont la cause principale était l'imprudence (**Zedak, 1984 in Naggaz, 2006**). Face à ces problèmes de dégradation et afin de protéger les beaux peuplements de cèdre, unique dans la région, le Gouvernement Colonial avait créée par arrêté du 03 Août 1923 le Parc National des Cèdres sur une superficie de 1563 ha de la forêt domaniale des cèdres qui couvre une superficie totale de 3616 ha (**Zedek, 1993**).

Le 23 juillet 1983, le Parc National des Cèdres a été recréé par décret présidentiel n° 83- 459 et dénommé le Parc National de Theniet El Had (PNTEH) et ce suite à une étude Bulgare menée en 1984. Cette étude a retenu la globalité de la cédraie sur une superficie de 3423.7 ha (**Naggaz, 2006**).

Le Parc National de Theniet El Had ou forêt des cèdres est considéré comme la cédraie la plus intéressante et la plus pittoresque de l'Algérie. C'est un site naturel d'un grand intérêt, par ses richesses floristiques, faunistiques et ses réseaux hydrographiques (**DGF, 2005**). Il est le premier espace protégé en Algérie et l'unique cédraie occidentale de la barrière sud du domaine méditerranéen. Elle offre des curiosités botaniques surprenantes (**Fenni, 2016**).

3.2. Situation géographique :

Le PNTEH est situé sur le versant sud de l'Atlas tellien dans le prolongement du massif de l'Ouarsenis (**Loukkas, 2006**). Il se trouve à une cinquantaine de kilomètres du chef-lieu de la wilaya de Tissemsilt et à 147 Km de la capitale Alger. Ses coordonnées géographiques sont : 35°49'41" et 35°54'04" de latitude nord et 01°52'45" et 02°02'04" de longitude Est (Fig.13) (**Kacha et a, 2017**).

À sa création en 1983, le PNTEH a eu une superficie de 1500 ha (**Berthonnet, 2010**). Actuellement, sa superficie est 3423.7 ha dont 2968 ha sont recouvert de végétation (**Loukkas, 2006**).

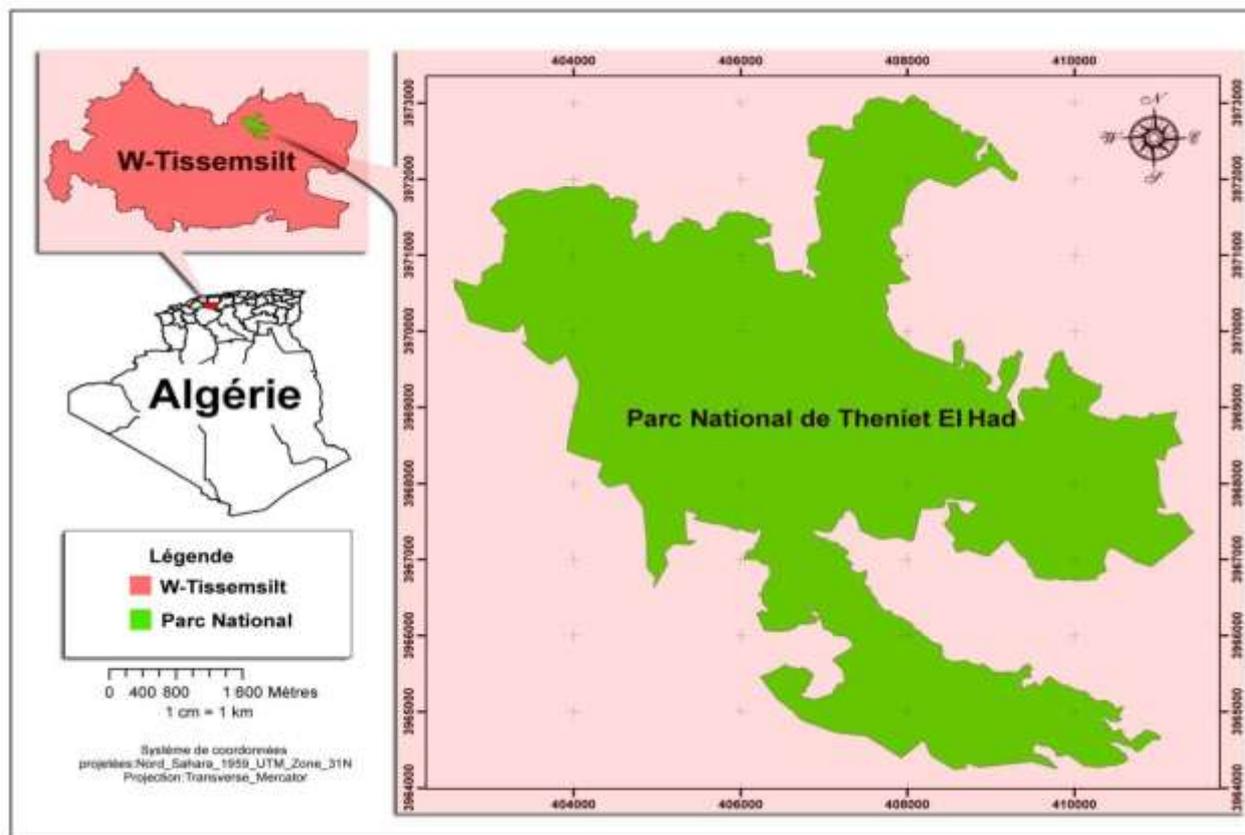


Fig. n°12 : Carte de localisation du parc national de Theniet El Had (PNTH 2017)

3.3.Situation Administrative :

De point de vue découpage administratif, le territoire du Parc fait partie de :

- Wilaya de : Tissemsilt
- Daïra de : ThenietEl-Had
- Commune de : ThenietEl-Had

En ce qui concerne l'administration forestière, la zone fait partie de :

- Conservation : Tissemsilt
- Circonscription : ThenietEl-Had
- District : ThenietEl-Had

Le parc national de Theniet El Had est divisé en dix cantons, dont la grande partie de superficie se trouve au niveau du versant Sud sur une étendue de 2052 ha. La pinède qui fait l'objet de cette étude est située dans le versant sud dans le canton Sidi Abdoun qui est constitué essentiellement de peuplement à base de chênes en plus quelques sujets de pistachier d'Atlas sur une étendue de 343 ha (**Bouceddi, 2006**).

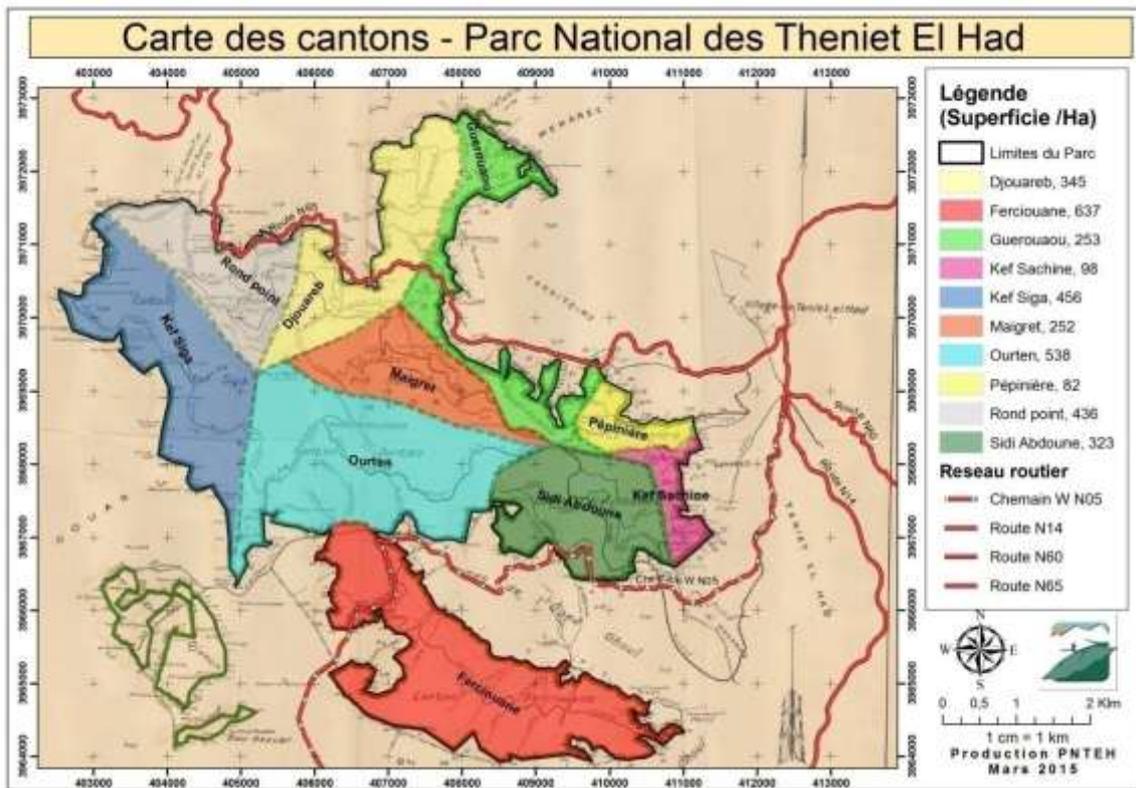


Fig. n°13 : Carte des cantons du Parc National des Cèdres de Theniet El Had (PNTHE, 2015)

3.4. Étude des caractéristiques physique de la zone d'étude :

3.4.1. Expositions :

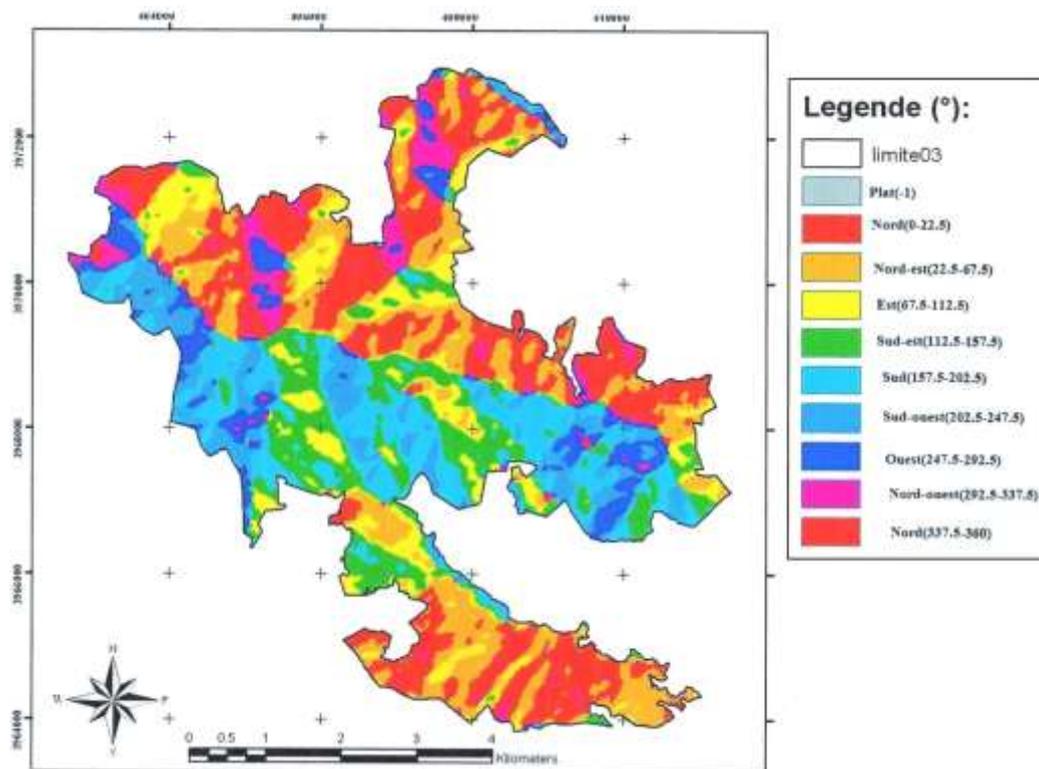


Fig. n°14 : Carte des expositions du Parc National de Theniet El Had (Zaiz et Dib, 2011)

Du point de vue hypsométrique nous retenons l'existence de nombreux Kef orientés dans tous les sens, ce qui traduit un relief extrêmement accidenté de diverses Expositions, La zone englobe trois ramifications principales (Nord, Sud et Ouest). Selon **(Dip et Zaiz ,2011)**, 64,68% de la surface totale du PNTH possède des expositions Nord et Nord-est (Figure 14).

Les cèdres sont répartis inégalement sur deux versants, les 4/5 occupent le versant nord, et le 1/5 se trouve au sud et à l'ouest **(PNTH 2006)**.

3.4.2. Pente :

Suivant les deux versants du Parc, on a noté que les fortes pentes sont du côté Nord estimé en moyenne à 40° d'inclinaison (exception faite pour le canton Pépinière où elle ne dépasse guère 15°) (Figure 04). Dans le versant Sud, la pente est plus ou moins forte (25° au maximum). **(Chaoui, 2016)**.

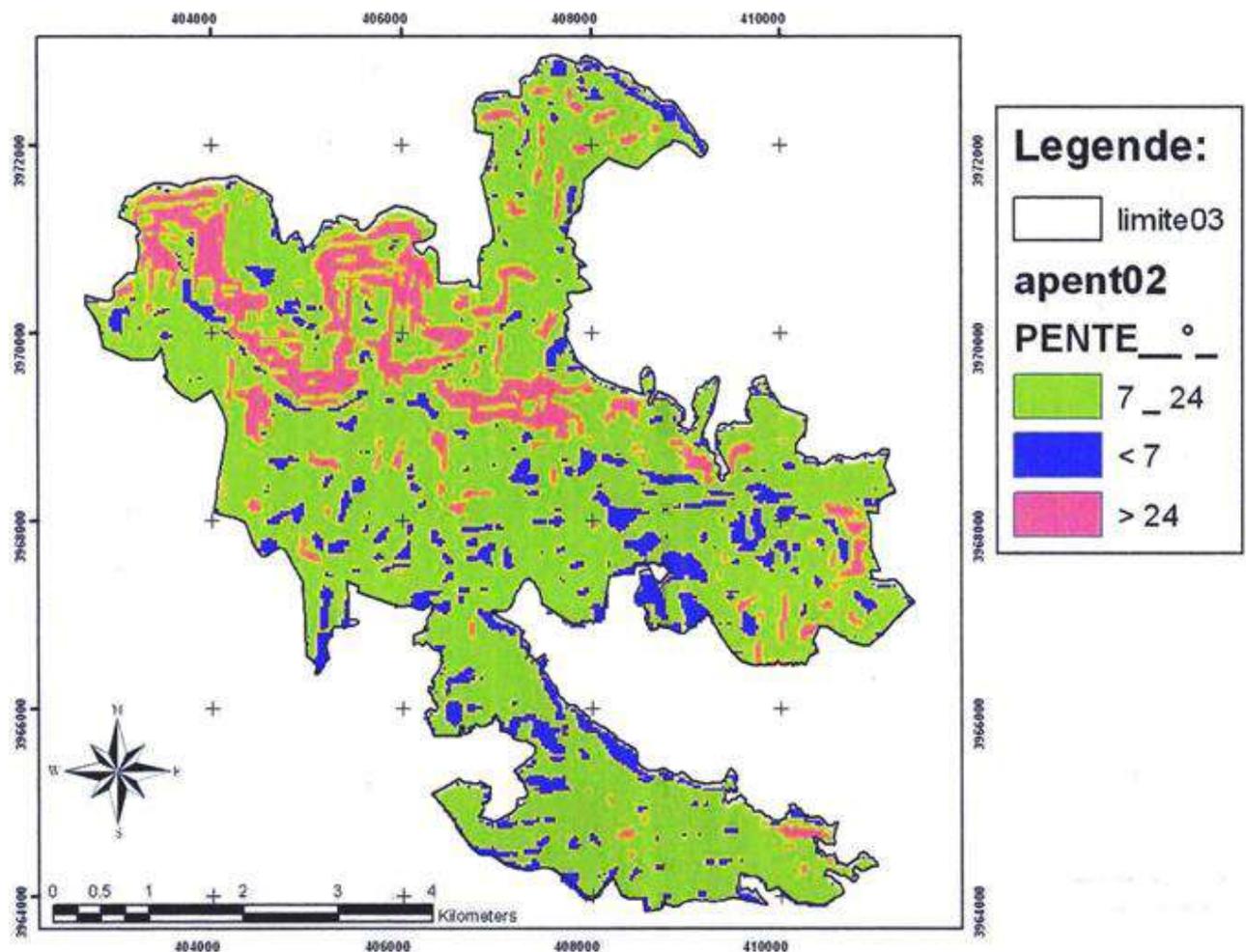


Fig. n°15 : Carte des pentes du Parc National de Theniet El Had (Zaiz et Dib, 2011)

3.4.3. Altitude :

Le territoire du Parc est compris entre des altitudes réparties entre les deux principales expositions :

Au versant Nord : il culmine à 1.787 m (Ras El Braret) et descend jusqu'à 853 m au niveau du Oued Mouilha dans le canton Djouareb.

Au versant Sud : on rencontre une altitude supérieure culminant à 1.787 m. Par contre la limite inférieure est à 968 m représentant le bout aval du Oued El Ghoul appartenant au canton Fersiouane a la limite de la RN14 du côté Sud (**Harkat et Khelifi, 2016**).

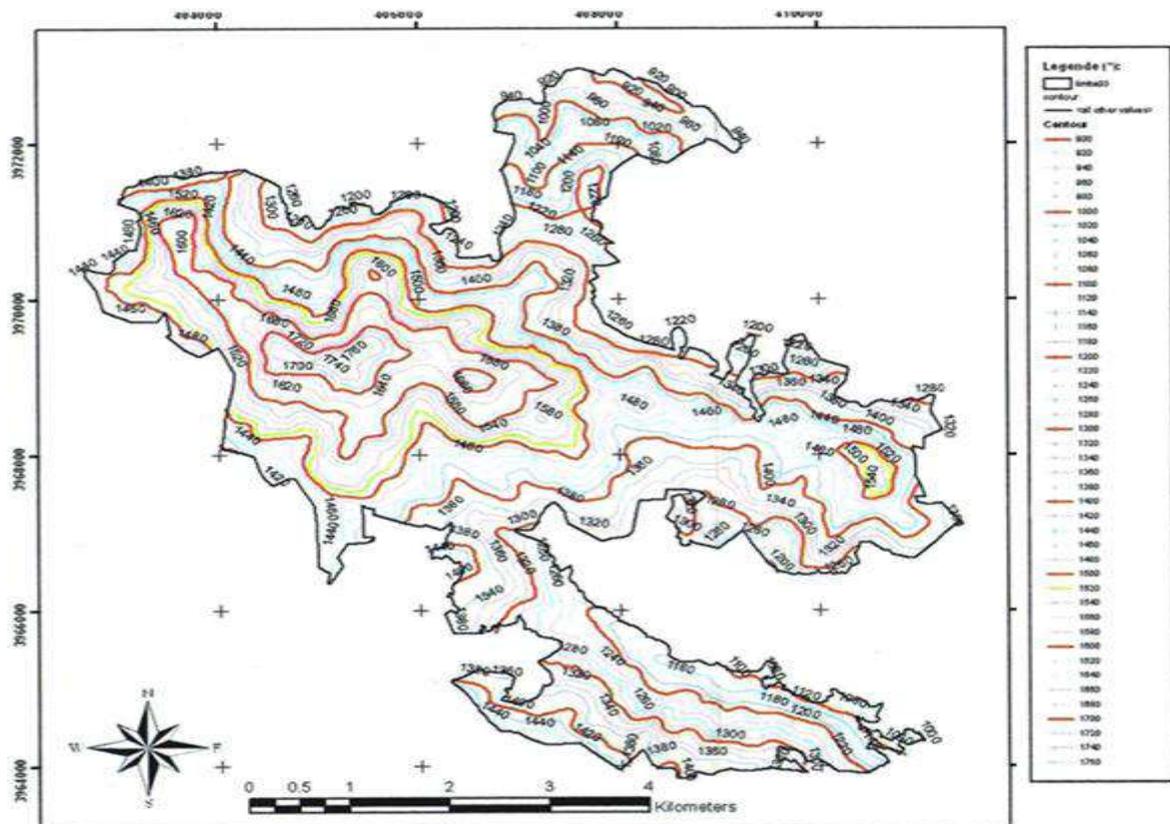


Fig. n°16 : Carte des altitudes du Parc National de Theniet El Had (Zaiz et Dib, 2011)

3.4.4. Pédologie :

Les sols du parc sont assez maigres, peu profonds et déchirés souvent par roche à nu et entre coupé d'escarpements rocheux atteignant une centaine de mètres de hauteur (**Melazem, 1990**). On distingue, d'après l'étude bulgare trois types de sols (**PNTEH, 1984**) :

- **Sols d'apport colluvial** : appartenant à la classe des sols peu évolués, ils se localisent sur des terrains à faibles pentes. Ils se caractérisent par une hétérogénéité de structures et de textures, résultant des phases successives de colluvionnement.

- **Lithosols** : appartenant à la classe des sols minéraux bruts d'érosion, ces sols se localisent sur les fortes et moyennes pentes où l'érosion hydrique y est accentuée.
- **Sols brunifiés lessivés** : sont de type ABC de profil pédologique complet. L'horizon superficiel est riche en azote, en potassium et en matière organique.

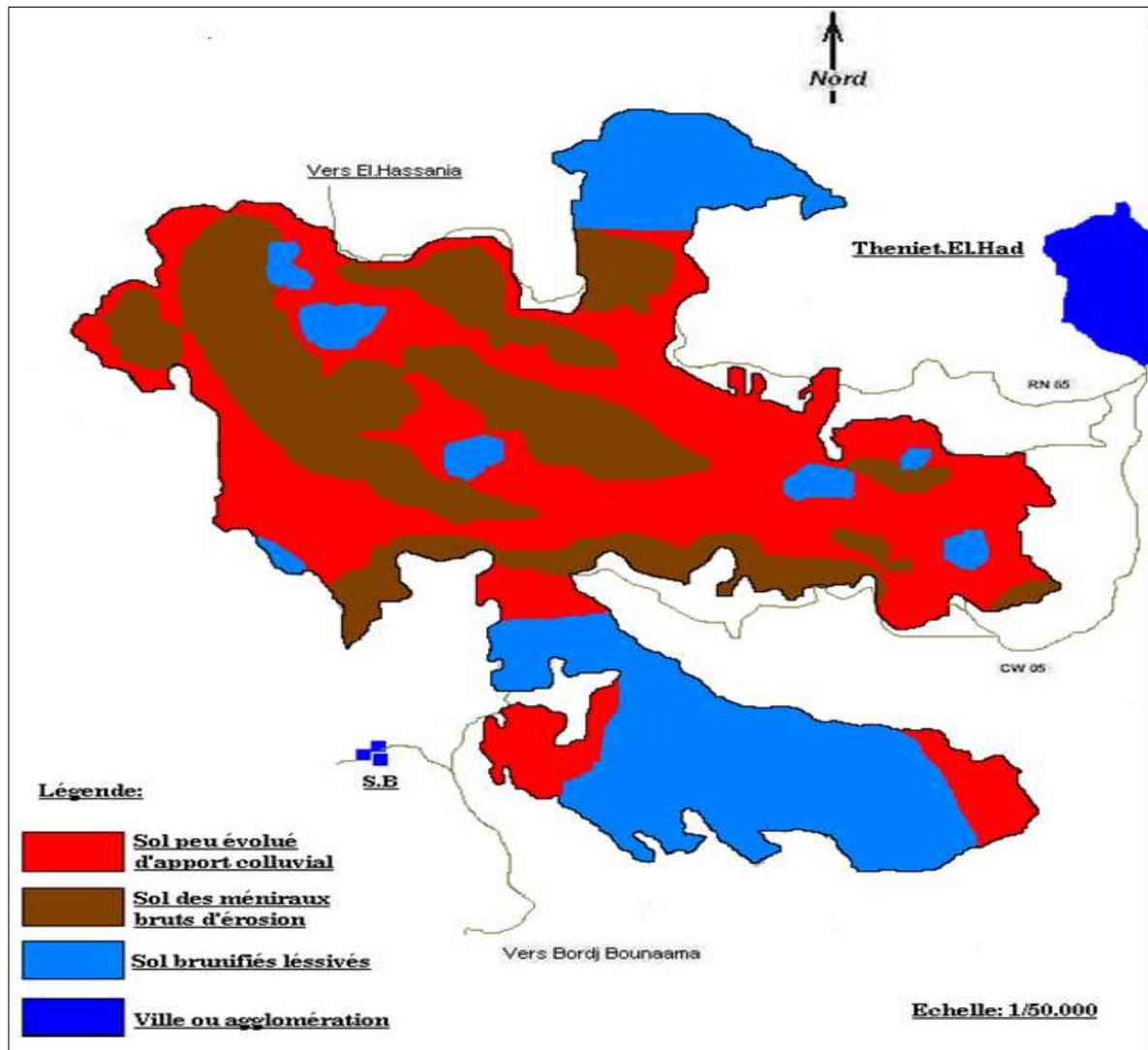


Fig. n°17 : Carte des sols du Parc National de Theniet El Had (PNTH, 2002)

3.4.5. Géologie de la zone :

Le sol du parc national se repose sur des grès numidiens, appartenant à l'étage méranien (éocène supérieur) (Anonyme, 1930 et Boudy, 1950).

Le parc repose sur des grès superposés à des marnes argilo-calcaires (Zedek, 1993).

La partie centrale de la zone est formée de sédiments provenant de l'oligocène présenté en faciès numidien, constitué de grès à couches épaisses, reposant sur flysch argileux ou argileux-marneux. Sous l'oligocène, dans les fenêtres d'érosion, on aperçoit les sédiments du crétacé supérieur couvert par de gros apports colluviaux. Ils sont présentés par

des sédiments supérieurs cénozanien : c'est une altération des argiles feuilletées, marnes et calcaires. Dans la partie ouest, se localisent les sédiments du moyen éocène développés surtout en marnofaciès.

Les accumulations quaternaires sont très fréquentes dans les limites du parc. Elles entourent le massif de grés numidiens et sont représentées par des formations grossières d'apports colluvial et aluvial, résultant d'un foudroyage intensif de processus d'éboulements et de glissements (Melazem, 1990).

3.4.6. Aspect Hydrologique :

Il existe à la périphérie du PNTEH deux oued qui sont captés et utilisés par les riverains de la région.

- Oued El-Mouilha au nord du parc.
- Oued El-Ghoul au sud du parc.

Dans cette zone existe un réseau hydrique très ramifié à écoulement souvent temporaire, il est très souvent fortement encaissé et se termine par un ravinement dense. Notons aussi la présence d'une retenue collinaire dans le canton de Sidi Abdoun utilisées pour l'irrigation des cultures (Naggar, 2010 in Ziane B).

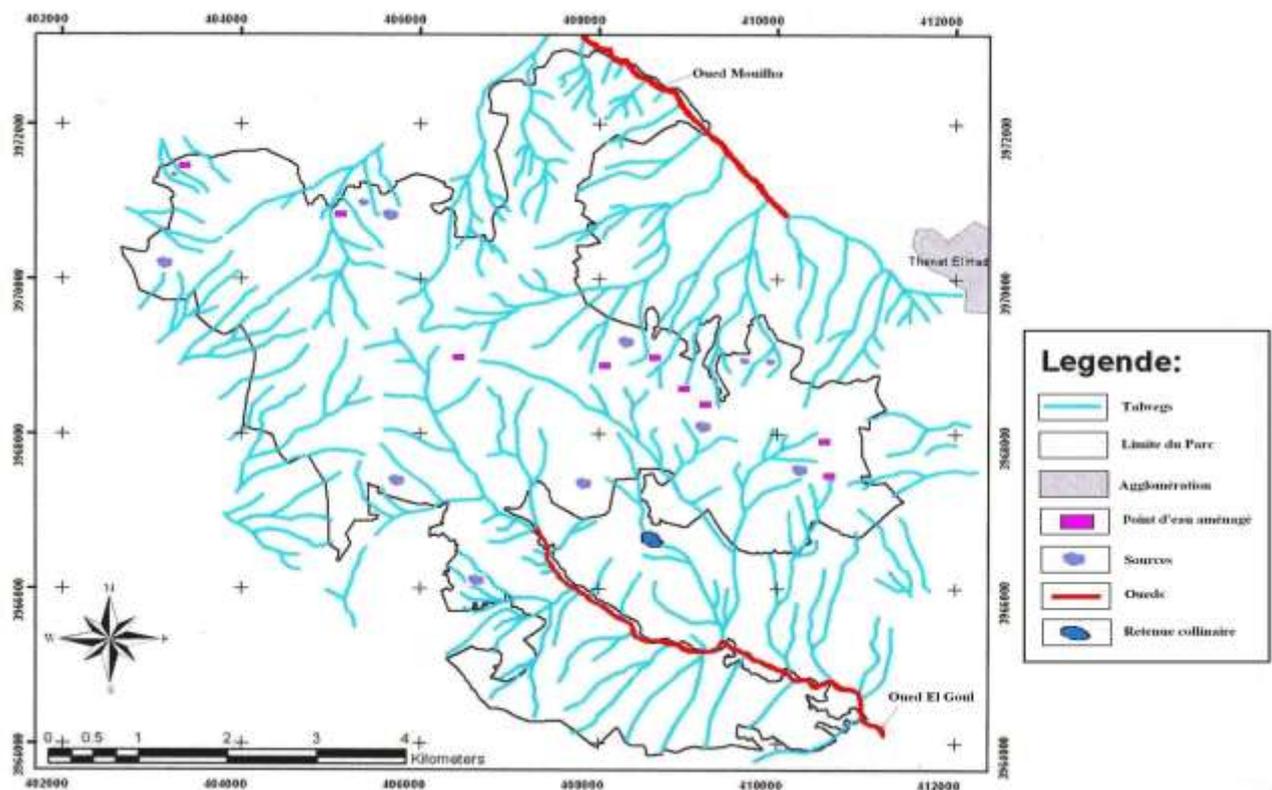


Fig. n°18 : Carte du réseau hydrographique du Parc National de Theniet El Had (Zaiz et Dib, 2011, Complétée par Maïrif, 2013)

3.5.Climat

La classification écologique des climats se base sur les températures et la pluviosité. Elle permet d'indiquer la répartition des végétaux (**Bouazza, 2011**). Le climat méditerranéen est également défini comme un climat extra-tropical à photopériodisme saisonnier et quotidien et à pluviosité concentrée durant les saisons froides. L'été est la saison la plus chaude et la plus sèche (**Emberger, 1955**).

Le secteur sud de la région Algéro-ouarsenienne jouit selon **Boudy (1955)** d'un climat et d'un étage de végétation semi-aride avec 500-600mm de pluies. Il renferme cependant, quelques taches du subhumide de 700mm de pluies en moyenne à Teniet El Had. Il existe quelques îlots où la pluie atteint 800mm dans le secteur sud de TEH.

Pour pouvoir identifier le climat de la zone d'étude, du moins globalement, on a retenu les données climatiques de la ville de Theniet El Had, enregistrées par **Seltzer (1946 in PNTEH, 2012)** durant la période **1913-1938**. Il s'agit des données de températures, précipitations, vents, gelée et humidité. On a utilisé les données climatiques de **Seltzer** à cause de l'absence de poste météorologique dans la ville ou dans le massif forestier de Theniet El Had.

Pour pouvoir établir le diagramme ombro-thermique de la zone d'étude, on a utilisé par extrapolation les données de **Seltzer (1946 in PNTEH, 2012)** enregistrées à une altitude de 1160m. L'altitude moyenne de la zone d'étude étant de 1371m et la différence altitudinale est de 211m par rapport à celle de la station de Theniet-El-Had (Tab.5 et6).

Tableau 5 : Répartition mensuelle et moyenne annuelle de la pluviosité de 1913-1 938 d'après **Seltzer (1946 in PNTEH, 2012)**.

| Mois | J | F | M | A | M | J | Jt | A | S | O | N | D | Total (mm) |
|----------------|----|----|----|----|----|----|----|---|----|----|----|----|------------|
| précipitations | 89 | 76 | 70 | 51 | 56 | 24 | 7 | 7 | 40 | 51 | 74 | 83 | 628 |

Tableau 6 : Répartition mensuelle et moyenne annuelle de la Température de 1913-1 938 d'après **Seltzer (1946 in PNTEH, 2012)**.

| Mois | J | F | M | A | M | J | Jt | A | S | O | N | D | T°C |
|---------|-----|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|------|
| M°C | 9,2 | 10,3 | 13 | 16,5 | 20,9 | 27,7 | 30,6 | 32 | 25 | 20,1 | 13,8 | 9,8 | 19,2 |
| m°C | 0,2 | 1,2 | 4 | 6 | 9,5 | 12,8 | 15,9 | 16,3 | 13,4 | 9,4 | 4,1 | 2,2 | 7,9 |
| Moyenne | 4,7 | 5,7 | 8,5 | 11,2 | 15,2 | 20,2 | 23,2 | 24,1 | 16,6 | 14,7 | 8,9 | 6 | 13,5 |

Le tracé du diagramme ombro-thermique de la zone d'étude (Fig.20) révèle une saison sèche d'environ 4 mois qui s'étale du mois de juin jusqu'à la mi-septembre de l'année. Les températures les plus basses y sont enregistrées dans le courant des mois de décembre et janvier, alors que les températures maximales sont notées vers la fin juillet et début d'août (Bouazza, 2011).

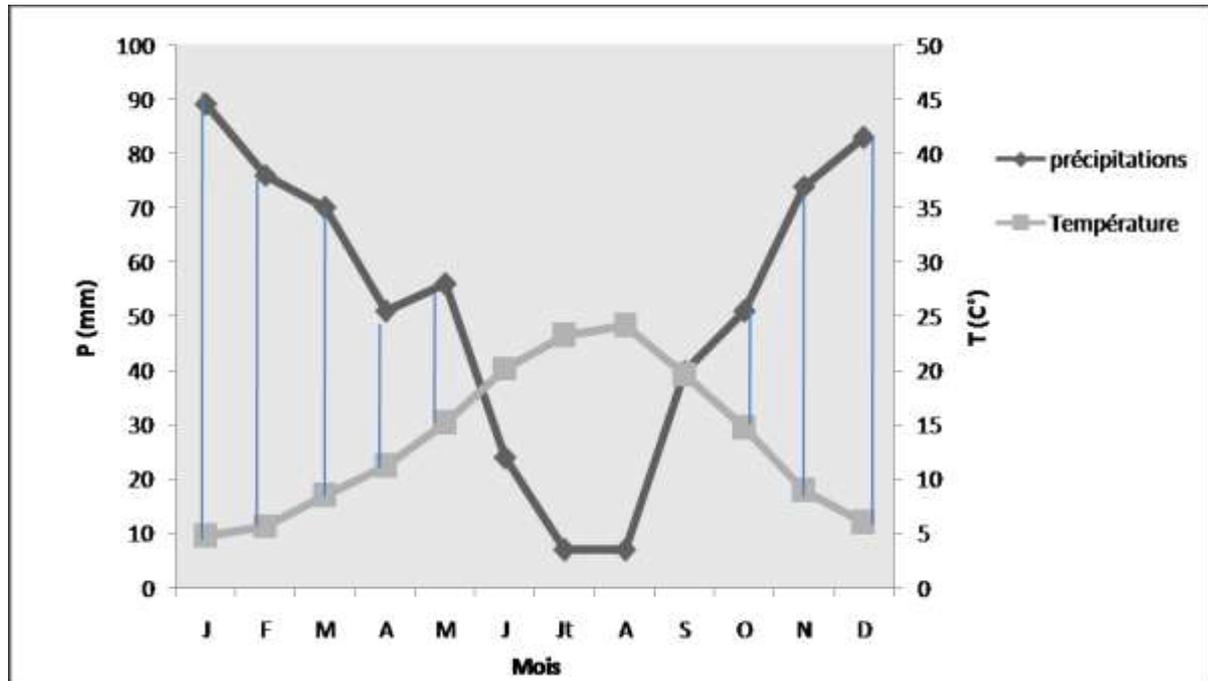


Fig. n°19: Diagramme ombrothermique de la zone d'étude

EMBERGER a proposé la formule suivante pour la région méditerranéenne (Quezel, 1979) :

$$Q2 = 2000 \frac{P}{M - m}$$

- Avec : - P = précipitations annuelles moyennes (en mm)
- M = moyenne des maxima du mois le plus chaud (en ° C)
- m = moyenne des minima du mois le plus froid (en ° C)
- Q2 : Quotient d'EMBERGER.

En se basant sur cette formule et les paramètres climatiques, on a calculé le « Q2 » de notre zone d'étude. Les résultats sont consignés dans le tableau 5 suivant et illustrés dans la fig. 20.

Tableau 7 : Calcul du quotient pluviométrique dans les 2 stations (PNTEH, 2012).

| Station | Altitude (m) | Q2 | Bioclimat |
|----------------|--------------|--------|--------------------------|
| Theniet El.Had | 1.160 | 68,31 | Subhumide à hiver frais |
| Parc National | 853 | 53,08 | Semi-aride à hiver frais |
| | 1.787 | 102,82 | Humide à hiver froid |

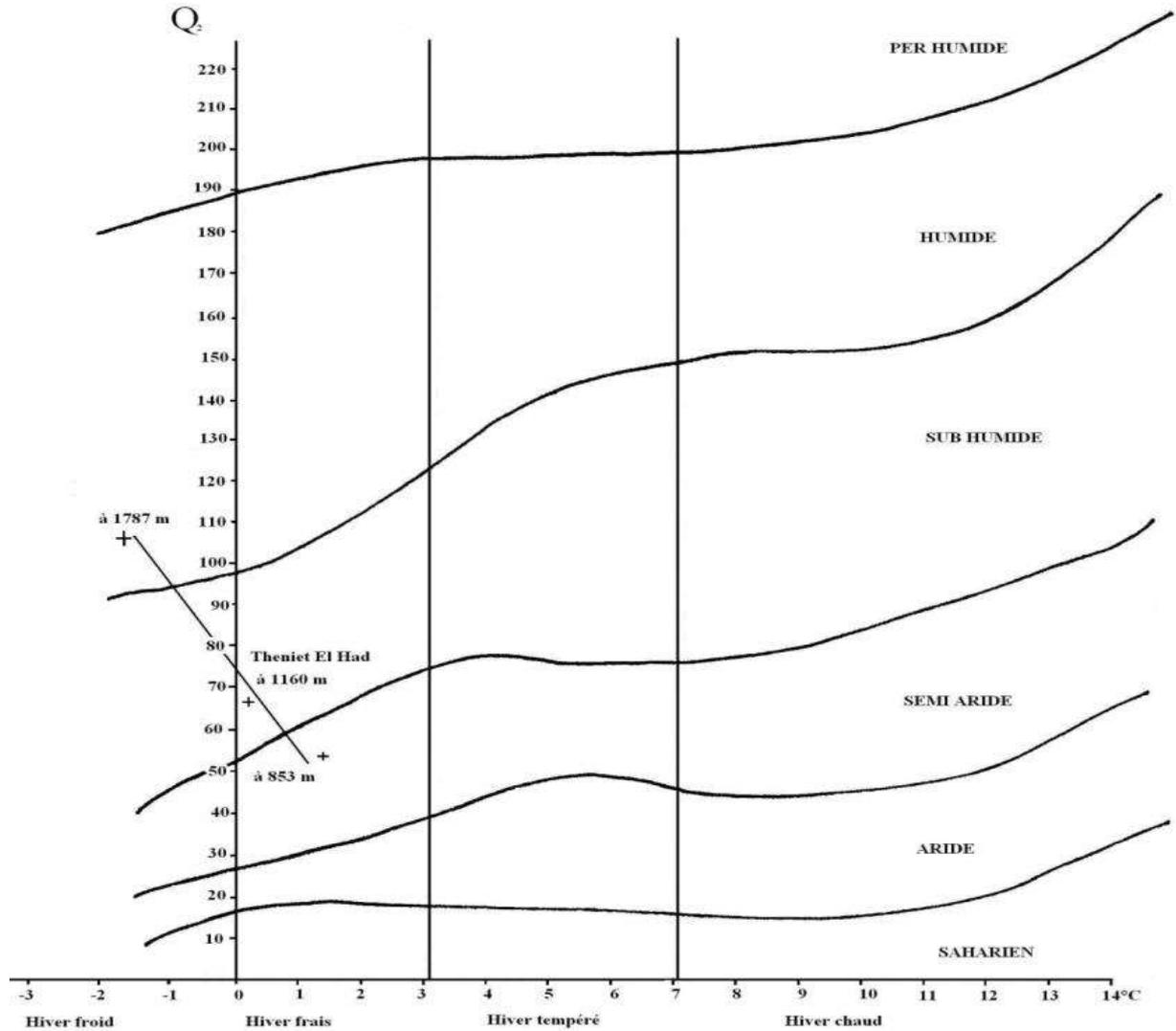


Fig. n°20: Localisation de la zone d'étude dans le climagramme d'Emberger (Bouazza, 2011)

3.5.1. Autres facteurs climatiques :

3.5.1.1. Enneigement :

Dans le PNTH, le nombre moyen de jours d'enneigement est égal à 22 jours (Melazem, 1990).

En moyenne c'est le mois de janvier qui reçoit les plus fortes chutes de neige, mais le mois de mars l'emporte sur la persistance (Massif, 2006).

L'utilité de la neige apparait surtout dans l'écoulement superficiel qu'elle ralentit relativement et laisse le sol s'imbiber d'une façon continue et s'humecter profondément (Zedek, 1984).

3.5.1.2. Les gelées :

La valeur de « m » est corrélée à la fréquence des gelées ainsi pour « m » inférieur à 7°C, il n'y a pas de gel, pour « m » compris entre 3°C et 7°C, les gelées sont faibles mais régulières et lorsque « m » descend au-dessous de 3°C comme c'est le cas durant la période hivernale (décembre, janvier, février) les gelées deviennent très fréquentes. D'après **Zedek (1984)**, les gelées blanches sont fréquentes en hiver et absentes en été.

3.5.1.3. Humidité :

L'humidité relative est faible au milieu de la journée à Theniet-El-Had alors qu'elle diminue très légèrement pendant le soir par rapport à la matinée. Quant à l'humidité absolue qui nous renseigne sur la quantité d'eau que renferme l'atmosphère, elle est faible pendant les mois d'hiver, cependant elle atteint le maximum au cours de l'été (**Seltzer, 1946**).

3.5.1.4. Sirocco :

C'est un vent chaud et excessivement sec, il souffle essentiellement pendant la période estivale alors qu'il est très rare pendant l'hiver. Les habitants de la région l'appellent «Guebli» lorsqu'il souffle de l'Est (**Melazem, 1990**).

3.5.1.5. La grêle :

Le maximum de grêle enregistré pendant la période hivernale (janvier, février, mars), selon **Seltzer (1946)**, le nombre de jours de grêle est très limité pendant l'année. La grêle a un effet destructeur surtout en période de germination et de floraison.

3.5.1.6. Le vent :

Il est déterminé par sa force, et qui généralement maximale en hiver, par sa direction qui est dans la zone de Theniet-EL-Had surtout de direction nord-ouest et nord, respectivement avec une fréquence moyenne de 28-17.

Les fréquences des directions Sud-Est, Sud et Ouest du vent au sol présentent des valeurs identiques égales à 11, cependant on enregistre une très faible fréquence à la direction Est (**Seltzer, 1946**).

Le sirocco, appelé dans la région de Theniet-EL-Had Guebli, lorsqu'il souffle de l'est, c'est un vent chaud et extrêmement sec, qui souffle essentiellement en été rarement en hiver (**Guellab, 1991**).

3.6. La flore :

Les grands types végétaux déterminés et connus dans l'aire protégée sont représentés dans la (**figure 24**) et qui sont :

3.6.1. La Cédraie :

Elle occupe le versant Nord, le recouvrement des peuplements est très important

(70-80%). Dans cette strate, la densité est très élevée (200 pieds /ha) ; c'est une cédraie pure constituée de hautes futaies moyennant 30 m de haut. Le nombre de pieds augmente avec l'altitude et finit par diminuer sur la plus part des crêtes en mélange avec le chêne zeen (*Quercus faginea*) accompagnés avec d'autres espèces buissonnantes (*Crataegus monogyna*, *Prunus avium*, *Juniperus oxycedrus*, *Rosa canina*, *Rubus fruticosus*,...). La moyenne d'âge est située entre 125-135 ans. Sur le versant Sud : Le recouvrement est de l'ordre de 60-70% soit 16-18 m de hauteur moyenne, avec un sous-bois assez dense de *Calycotum spinosa*, *Genista tricuspidata*, *Cistus salvifolius*, etc. La superficie globale est estimée à 1000 ha.

3.6.2. La yeuse :

Des futaies âgées caractérisent le canton dit « Rond-Point ». Généralement dans les basses altitudes, une dominance des formations buissonnantes et épineuses, avec un faible degré de recouvrement, est relevée. La hauteur moyenne est de l'ordre de 08 m. Le sous-bois est composé surtout de *Calycotum spinosa*, *Ampelodesmos mauritanica*, *Scilla bulbosa*, *Genista scorpius*, *Lavandula stoechas*, et des Cistes (*Cistus* sp.). La superficie globale est estimée à 1000 ha.

3.6.3. La Subéraie :

Le degré de recouvrement des arbres est en moyen de 60-70%, une hauteur moyenne de 10-12 m. Elle se représente à l'état de taillis en mélange avec quelques espèces comme *Quercus ilex*, *Calycotum*, *Genista tricuspidata*, *Rosa canina*, *Crataegus monogyna* et *Cladonia*, *Juniperus oxycedrus*, etc. La superficie globale est estimée à 640 ha.

3.6.4. La Zeenaie :

On la trouve dans quelques stations peu étendues, le 1/3 est répandu en forme de futaie en exposition Nord, les 2/3 restent en exposition Sud au stade de gaulis ou perchis. Le peuplement pur de Chêne zeen est pour ainsi dire rare, soit il est en mélange avec le cèdre surtout sur le versant Nord ou avec le Chêne liège et chêne vert sur le versant Sud pour constituer une chênaie mixte.

3.6.5. La pinède :

Elle s'étend sur une superficie de 760 ha, caractérisé par de vieilles futaie, occupant principalement les basses altitudes du versant Nord du canton Guerouaou. Cependant, à la faveur du réchauffement climatique, plusieurs poches sont entrain de se développer dans l'aire même du cèdre (Guerouaou) et des chênes (Sidi-Abdoun).

3.6.6. Autres :

Des espèces sont à relever même si elles ne forment pas de peuplements individualisés. Il s'agit du pistachier de l'Atlas que l'on retrouve sur substrat d'éboulis au niveau du versant Nord (Rond-Point, Guerouaou, Pépinière) et le long des cours d'eau (Sidi-Abdoun, Fersiouane, Ourten). Le frêne commun forme des petits bouquets très isolés (Pépinière, Rond-Point et Toursout). Le genévrier oxycèdre est présent en strate dominée à travers tout le parc national. Des espèces autochtones rares sont aussi à signaler : pin des canaries, orme, prunier sauvage, érable de Montpellier, Merisier,... (Dib et Zaiz, 2010)

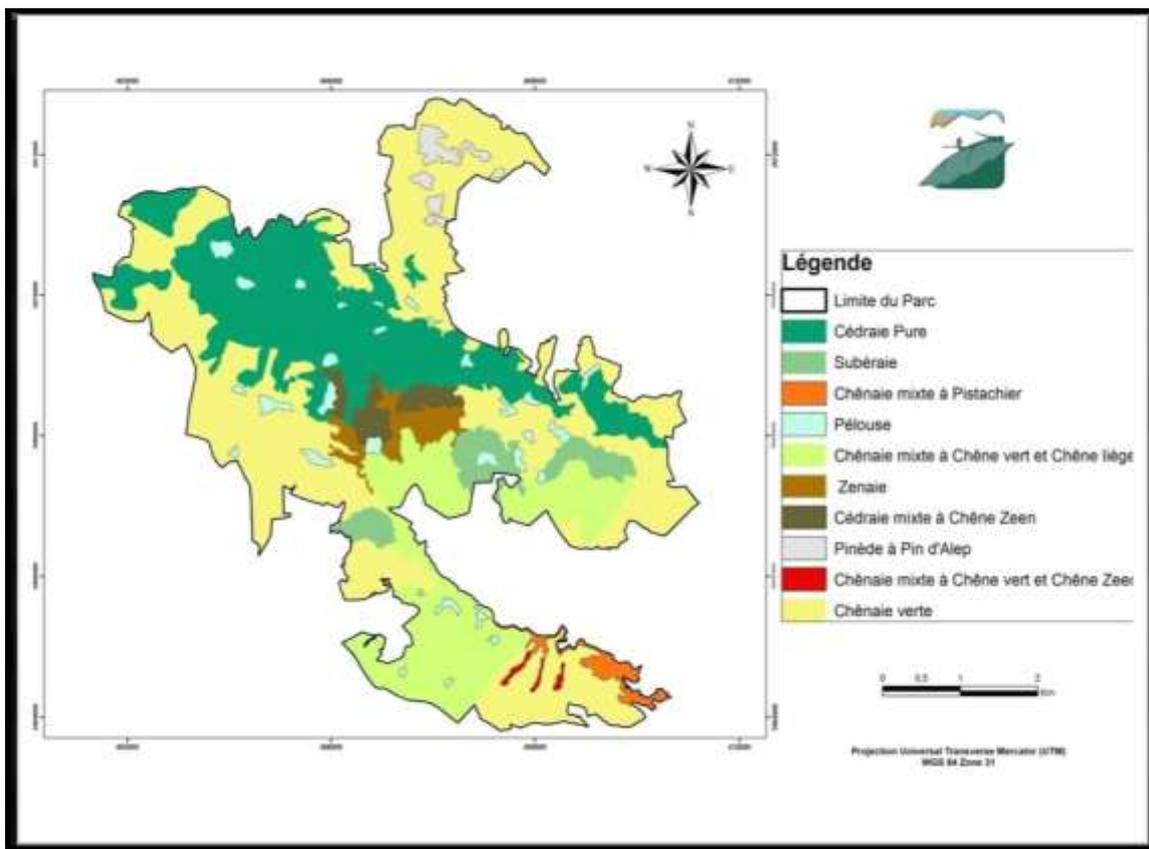


Fig. n°21 : Carte de végétation du parc national de Theniet El Had

3.7. La faune :

Ce parc national du Theniet EL HAD abrite une faune assez riche représentée par les différentes classes de vertèbres.

3.7.1. Classe des reptiles :

Exemples ; le lézard des murailles et lézard vert ; les couleuvres ; la tortue autres reptiles.

3.7.2. Les batraciens :

Nous avons pu observer des reinettes ou grenouilles arboricoles.

3.7.3. Les mammifères :

Nous ne citerons que quelques espèces le lapin de garenne ; le lièvre ; le sanglier ; le chacal dore : le chat sauvage : la mangouste ; le porc épic la belette et le renard roux.

En outre le parc est riche d'une multitude d'espèces d'animaux invertébrés que de nombreux inventaires pourraient mettre à jour (**Dib et Zaiz, 2010**).

3.8. Réseau routier :

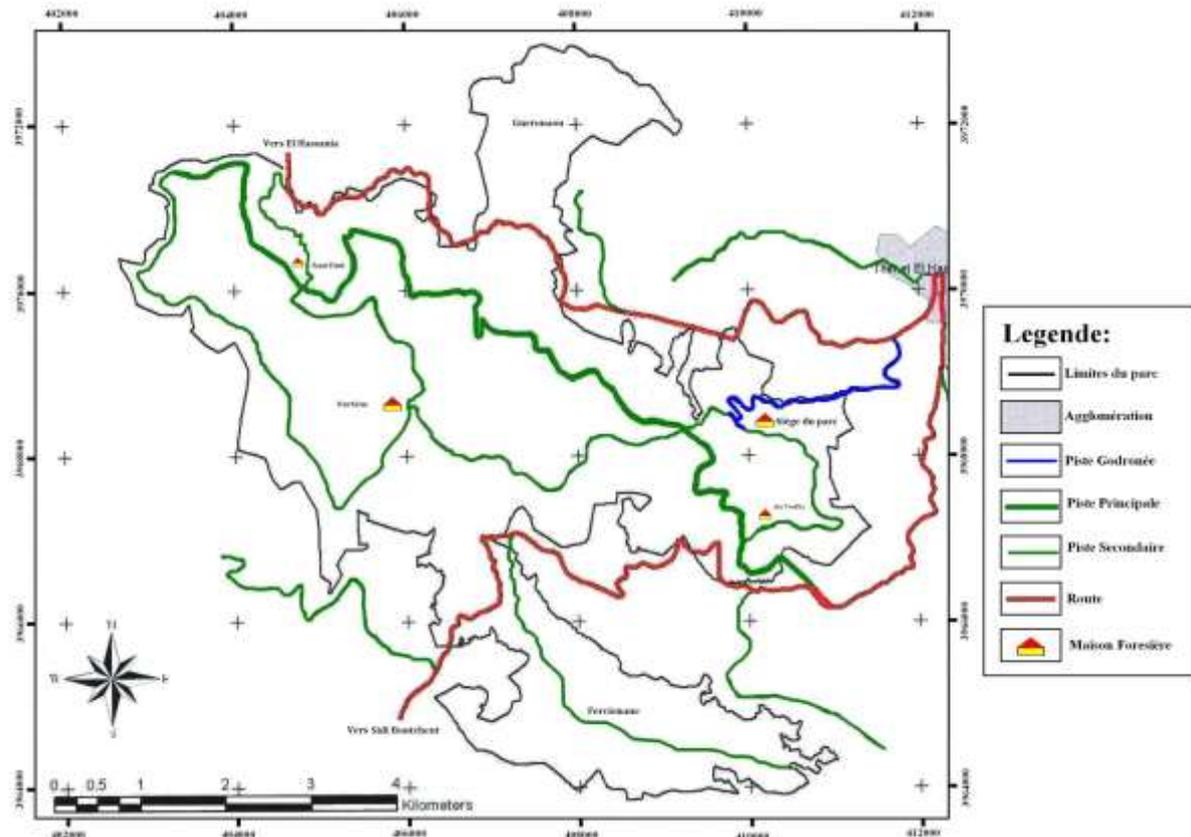


Fig. n°22 : Carte du réseau routier du parc National de Theniet El Had (Zaiz et Dib, 2011, Complétée par Maïrif, 2013)

Il existe un réseau routier et des allées, d'une longueur de 54 Km donnant accès à toutes les parties du parc (**Anonyme, 2008**). On note :

- La piste reliant la ville de Theniet El Had et la maison forestière du Rond-Point sur une longueur de 13 Km passant par le siège du parc. 5 Km de cette piste a été goudronné en 2011, allant de la ville de Theniet El Had et dépassant le siège du parc par 800 m.
- La piste reliant le Rond-Point à la maison forestière d'Ourtène sur une longueur de 11Km, elle est actuellement non carrossable ;
- La piste reliant la maison forestière d'Ourtène au croisement de Theniet El M'rakeb sur une longueur de 4,5 Km ; elle a subi des travaux d'aménagement durant l'été 2013.

- La route allant de Theniet El Had vers la commune d'El Hassania (Wilaya d'Ain Defla) RN 65 sur une longueur de 12,5 Km menant vers la maison forestière du Rond- point (accès Nord du Parc). Elle nécessite des aménagements sérieux.
- La route allant de la ville de Theniet El Had (CW n° 05) à la maison forestière d'Ain Touilla (accès Sud du Parc) sur une longueur de 5,5 Km, en très bon état.
- La piste traversant le canton Fersiouane communicant vers le chemin de wilaya n° 05 d'une longueur de 10,5 Km.

3.9. Influence anthropique :

L'action humaine se manifeste à travers les coupes outrancières et illicites opérée principalement sur des sujets au stade perchis d'une part et d'autre part par le patinage : les zones les plus touchées sont celle de la périphérie en raison de leur proximité avec les habitations des riverains. Ce facteur pèse lourd sur le milieu naturel et occasionne des dégâts considérables beaucoup plus graves que ceux engendrés par les éléments intrinsèques du milieu (**Dib et Zaiz, 2010**).

Chapitre IV

Matériels et

Méthodes

Chapitre IV :

MATERIELS ET METHODES

4.1. Caractérisation de la zone d'étude

4.1.1. Présentation de la flore de la zone d'étude :

Dans l'optique de caractériser floristiquement la cédraie incendiée, nous allons procéder dans une première étape de déterminer l'aire minimale représentative sur laquelle seront exécutés les relevés floristiques en utilisant le dispositif classique (la courbe aire-espèces).

4.2. Méthodologie :

Il est à noter que nous n'avons effectué aucune sortie sur le terrain, et cela dû à la synchronisation de la reprise végétative du cèdre de l'Atlas avec la poursuite de la propagation du coronavirus, cependant, les étapes pratiques suivantes devaient être suivies au cours de cette étude :

4.2.1. Estimation de la reprise du cèdre de l'atlas :

La régénération naturelle du cèdre d'atlas devait être estimée à travers le dénombrement des plantules selon un protocole définissant 03 zones : sous le houppier, à la limite du houppier et à 10 mètres du houppier (figure 23). Le dénombrement est basé sur des parcelles d'une superficie de 1m². Au total 17 arbres auraient été pris en considération, c'est le nombre total des arbres brûlés, ce qui constitue 17 répétitions dans la zone.

Les données devaient être analysées par le test de Kruskal-Wallis accompagné d'un test non paramétrique de comparaison multiple des rangs. Le recours à la statistique non paramétrique est le résultat de séries de données n'obéissant pas à la distribution normale (test de Shapiro et Wilk).

4.2.2. Estimation de la reprise végétative des principales espèces ligneuses du sous-bois :

Le cèdre de l'atlas dans cette zone est accompagné du chêne vert et quelques pieds de l'érable de Montpellier, dans le but d'estimer la régénération végétative des principales espèces ligneuses du sous-bois, il est préférable de procéder à mesurer la longueur des 3 brins dominants sur chaque souche de chêne vert répartis aléatoirement de l'ordre de 30 souches ou plus pour que l'échantillon soit représentatif et l'analyse statistique du peuplement suit une loi normale.

Les données devaient être aussi analysées par le test de Kruskal-Wallis accompagné d'un test non paramétrique de comparaison multiple des rangs. Le nombre d'arbres brûlés de l'érable de Montpellier est négligeable. Ajoutant à ça un sujet de chêne zeen, ces constats dus à une sortie faite par notre encadreur en vertu de son travail.

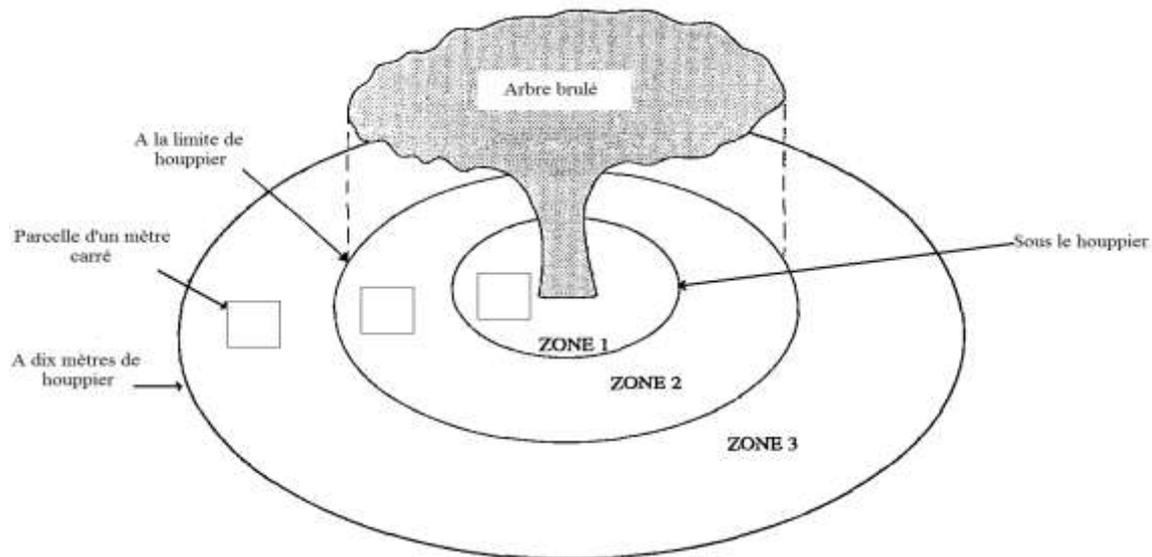


Fig. n°23: Schéma représentant le protocole d'échantillonnage avec les trois zones considérées (adapté de Ne'eman et al, 1992).

4.3. Le matériel qui était destiné à être utilisé :

Pour effectuer l'échantillonnage il s'agit d'un matériel appartenant au parc national de Theniet el had:

- **Blum-leiss** : outil dendrométrique utilisé pour les mesures des hauteurs des arbres.
- **Clisimètre** : pour estimer la pente des terrains.
- **Altimètre** : utilisé pour l'estimation de l'altitude de la placette.
- **Le compas forestier** : il permet d'estimer le diamètre de l'arbre à 1.30m.
- **La boussole**:utilisée pour l'estimation de l'exposition de la placette.
- **Ruben mètre**: pour déterminer la surface de la placette.
- **GPS**: utilisé pour déterminer les coordonnées géographiques de chaque placette.

Chapitre V
Résultats
et
Discussion

Chapitre V :

RESULTATS ET DISCUSSION

5. Analyse des résultats précédentes et discussion :

La régénération naturelle du cèdre de l'Atlas a fait l'objet de nombreux travaux, tant dans son aire naturelle (Maghreb) que dans son aire d'introduction (notamment en France). Citons, en particulier les récentes recherches réalisées en Algérie par **Nedjahi (1988) et Derridj(1990)**.

Concernant l'action du feu sur la régénération de cette essence, **Le Houerou (1980), Boudy (1950), Quézel (1956, 1980), Lepoutre(1964) et M'Hirit (1982)** s'accordent à reconnaître l'influence favorable des incendies sur le développement des cédraies (les Babors en Algérie et le Rif au Maroc sont précisément cités).

On outre, **Abdessemed (1984)** a signalé la présence de taches de régénération du cèdre, après incendie, sur les versants sud du Chélia (Aurès).

En France, **Toth (1987)** constate également q u 'après le passage du feu, il se produit très souvent une abondante régénération naturelle du cèdre. D'autre part, comme le fait remarquer **Boudy (1952)**, les incendies des cédraies, à l'inverse des pineraies, n'entraînent pas la destruction des peuplements.

Effectivement, quelques semenciers de cèdre ont subsisté après incendie dans telle placette, alors que dans celles des divers pins, à l'exception de la placette du pin maritime de provenance marocaine, la destruction des plantations été totale.

Ce fait est très important à relever en ce sens que la régénération naturelle du cèdre n'est probablement assurée sur les sites incendiés, que si des porte-graines y sont encore présents.

A Meurdja, sur une pente à découvert près des 6 arbres ayant survécu à l'incendie, sur un sol décapé de toute litière.

Toth (1987) a signalé aussi dans le Mont Ventoux, que les plants de cèdre installés ont pour origine les porte-graines entourant la partie incendiée du peuplement.

Il convient de remarquer, en outre que cette essence a pu facilement s'installer et se développer sur des sols décapés de toute litière, Dans la cédraie de Chréa (Atlas de Blida), ils ont pu constater en divers points, en accord avec **Faurel (1947) et Zeraia (1986)** que la dégradation des formations végétales qui a pour corollaire la destruction complète des horizons superficiels du sol, a favorisé l'installation des plantules de cèdre.

Le même phénomène a été observé au niveau des massifs des Babors et des Aurès (**Zeraia, 1986**) et dans le Moyen Atlas, au Maroc (**Ezzahiri, 1989**).

Dans les cédraies libanaises, **Bouvarel (1950)** a signalé, de son côté, l'abondante installation des semis sur des sols squelettiques et des éboulis.

Dans les régions de sécheresse estivale marquée, la rapidité de germination est un atout majeur qui permet à la radicule d'atteindre les horizons profonds plus humides. C'est pourquoi, **Lepoutre (1964)** préconisé un décapage des horizons humifères de surface pour favoriser l'installation et surtout le maintien des plantules.

Toutefois, comme l'a bien montré **Toth (1978) in Mairif, (2014)**, l'action de la litière est positive sur la réussite des semis de cèdre (effet des mycorhizes et de l'acide oxalique) dans un peuplement dense, où l'ambiance est certes peu lumineuse, est pratiquement absente alors que les germinations de l'année sont très abondantes. L'explication résiderait, en grande partie, dans le fait que l'horizon humifère a favorisé la germination du cèdre au début du printemps (fonte des neiges ?) mais a devenu physiologiquement sec pendant l'été et n'a permis plus à la plantule de se développer.

Les observations de **M'Hirit (1982)**, sur les cédraies du Rif, corroborent ce fait important si non déterminant.

Or, **Toth (1978) in Mairif, (2014)** a noté que les racines des plantules de cèdre ont entre 14 et 20 cm de long, après une saison de végétation. **Lepoutre (1964)** a rapporté, quant à lui, un allongement racinaire de 40 cm à 4 mois, parfois, chez cette espèce.

En définitive, il est ainsi plus facile de comprendre, de ce point de vue, comment la destruction de la litière par le feu peut permettre une implantation, peut-être plus aisée que dans les conditions ordinaires, si les précipitations sont assurées pendant la période active de la croissance du cèdre (**Toth, 1987 in Mairif, 2014**).

Soulignons, enfin, il ressort que la densité du semis naturel de cèdre est estimée à 342 et 216 semis de 1-3 ans, (soit 4 300/h a et 3 600/h a). Ces densités, eu égard au nombre très faible de semenciers, sont pour le moins remarquables.

Dans une étude comparable, **Toth(1987) in Mairif, (2014)**, dans une cédraie âgée d'environ 100 ans sur le Mont-Ventoux, signale 5 ans après incendie, une densité du même ordre de grandeur (6 000/ha).

Mais si l'on se réfère aux données de **Nedjahi (1988)**, il s'avère que dans des conditions écologiques similaires (cédraie de Chréa, Atlas de Blida), la densité des semis de 1-3ans est de plus de 9700 h/a, en absence de feu. Aussi, nous estimons qu'il ne se produit pas après incendie d'ensemencement.

Conclusion générale

Conclusion

La forêt des cèdres de Theniet El Had n'est qu'un exemple parmi d'autres qui nous donne un aperçu sur ce qu'endurent toutes les forêts de notre pays.

Le Cèdre de l'Atlas est une espèce d'arbres conifères de la famille des Pinacées anciennement considérée comme une sous-espèce du cèdre du Liban. Elle est originaire de l'Atlas, massif montagneux d'Afrique du Nord. Dans son aire naturelle, au Maroc et en Algérie, elle est considérée comme en danger par l'UICN. Arbre majestueux, Le vent, les températures ainsi que l'humidité de l'air sont des facteurs clés du déclenchement des feux spontanés, naturels ou humains qu'ils soient volontaires, involontaires ou accidentels ce qui engendre des conséquences graves sur le peuplement, l'environnement, la faune, la flore et sur le plan socio-économique. On aurait aimé faire une expérimentation sur terrain mais la période du confinement nous a empêchés de le faire. Dans tous les cas et pour remédier à ce problème, seul le déploiement croissant de moyens de lutte et des campagnes de sensibilisation parmi la population permettent de limiter au maximum les feux de forêts et par conséquent leurs conséquences sur l'environnement au sens large du terme.

Il est à noter que la régénération du cèdre n'est pas directement liée à l'action du feu mais elle dépend surtout de la présence de porte-graines à proximité des sites incendiés et des conditions climatiques qui suivent le feu. Donc, on peut dire que la régénération se fait d'une bonne manière lorsque les arbres portent des semences.

A travers l'ensemble des études précédentes consultées, à semble que la région d'étude réagit favorablement au passage de l'incendie et les résultats consultées montrent que le cèdre d'Atlas réoccupe le milieu incendié surtout vers les limites du houppier.

Références bibliographiques

- 📖 **Abdelhamid Dj. 1998.** Etude bioécologique de l'entomofaune du cèdre de l'Atlas *Cedrus atlantica* M dans la cédraie du parc national de Theniet El Had. Thèse, Mag, Agro, INA, El Harrach, Alger, 105p.
- 📖 **Abdessamed K. 1981.** Le cèdre de l'Atlas dans le massif des Aurès et du Belezma. Étude phytosociologique et les problèmes de conservation et d'aménagement. Thèse Doct. Ingénieur. Université d'Aix-Marseille III. 202p.
- 📖 **Abdessemed K. 1984.** Les problèmes de dégradation des formations végétales dans l'Aurès(Algérie).1.La dégradation, ses origines et ses conséquences. Forêt Méditerranéenne, 6 (1) :1 9-26.
- 📖 **Alexandrian D, Guiran M. 1992.** Les causes d'incendie : levons le voile, Ext. For. Med TXIII n° 01, pp41-47.
- 📖 **Amirat Y. 2016.** Analyse structurale de la cédraie en quelques points du Djurdjura nord-ouest (Thala-Guilefet Thabourth-El-Inser), Mémoire de Magister en Foresterie, Ummto. 83p.
- 📖 **Anonyme. 1984.** Etude et projets pour la mise en valeur des terres, aménagement des Forêts et des parcs Nationaux dans le massif « Ouarsenis ».Ministère de l'hydraulique de l'environnement et des forêts, Alger, Vol.20 ,120p .
- 📖 **Anonyme. 2008.** Plan de gestion 2008-2012. PNTH, 109p.
- 📖 **Arrigi F. 1975.** Coordination et engagement opérationnel des moyens, Ext. Rev. For. Française, n° spécial, T2, p426.
- 📖 **Aubert G., Loisel R. et Zeraia L. ,1976.** Première contribution à la mise en évidence de l'intérêt présenté par l'arboretum de Meurdja. Eco l. Méd it.2: 1 2 3-1 30.
- 📖 **Balachowsky A S. 1954.** Etude comparative des cochenilles du cèdre au Liban et en Afrique du Nord. Rev. Pathologie végétale et d'entomologie agricole de France, vol 33, n° 2.
- 📖 **Bariteau M et al. 1994.** La faculté germinative des organes de cèdre (*Cedrus atlantica* M.) : influence des traitements densimétriques à l'alcool, du desailage et de la stratification. Ann. Rech. For. Maroc, Vol. 2. Pp : 500 – 509.
- 📖 **Batel D. 1990.** Contribution à l'étude de la productivité du *Cedrus atlantica* M .en relation avec les stations écologiques application au parc national de Theniet el Had. Thèse. Ing. Agro, I.N.A EL HARACH ,62 p.

- 📖 **Belkhiri S. 1993.** Contribution à l'étude de la régénération naturelle du cèdre de l'atlas dans le Belezma. Cas du Djebel M'Hasseur. Thèse. Ing. Dép. Agro. Université de Batna, 82p.
- 📖 **Belloula N. 2011.** Étude expérimentale de l'influence de la typologie des Cédraies sur la distribution des formes d'Azote dans certains sols du massif forestier du Chélia (W. de Khenchela). Mémoire de Magister. Université El-Hadj Lakhdar, Batna. 136p.
- 📖 **Benabid A. 2000.** Flore et écosystème du Maroc : évaluation et préservation de la biodiversité. Ibis Press, Paris, 357 p.
- 📖 **Benckroune F. 1994.** L'économie de la cédraie marocaine et son impact sur le développement des collectivités locales. Annales des Recherches Forestières du Maroc 27(spécial). Pp : 714-724.
- 📖 **Bentata N. 1999.** Bilan et analyse des incendies de forêt en Algérie : Cas de la wilaya de Tipaza. Mémoire ingénieur agronome, Institut National Agronomique, EL harrach, Alger, 81p.
- 📖 **Berber A, Sahli F, Ghafour F. 2014.** Bilan des incendies déclarés les forêts de la Wilaya de Tissemsilt durant la période 2000-2014. Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du Diplôme de Master Académique. Université Ibn Khaldoun de Tiaret.
- 📖 **Blin P. 1974.** Le vent et le développement des feux : revue forestières française, n° spécial, pp. 130-139.
- 📖 **BNEF, 1985.** Plan d'aménagement de la zone des Ouled Yakoub et des Béni-Oudjana (40 000 ha). Ministère de l'Hydraulique, de l'Environnement et des Forêts. RADP. 62 pages + annexes.
- 📖 **Boer C. 1989.** Effects of the forest fire 1982 In East Kalimantan on wildlife. FR Report n° 7. Deutsche Forest service GmbH, Samarinda, Indonésie.
- 📖 **Bouazza K. 2011.** Etude écopédologique du dépérissement de *Cedrus atlantica* Manetti dans le Parc National de Theniet El Had (W. Tissemsilt), diplôme de Magister en Inventaire, Valorisation et Ecologie de la Restauration, Université Ibn Khaldoun de Tiaret. 85 p.
- 📖 **Bouceddi, 2006.** Contribution à l'étude de l'extension et du comportement du pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.) dans la Chenaie mixte du parc national de Theniet-El Had (W. Tissemsilt). Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du Diplôme de Master. Université de Tlemcen.
- 📖 **Boudy P. 1950.** Economie forestière Nord – Africaine. Monographie et traitement des essences forestières. Edit. Larousse. T 2 Paris, France: p 529 – 619.

- 📖 **Boudy P. 1952.** Guide du forestier en Afrique du Nord. Les essences forestières. Ed. La maison rustique, 505p.
- 📖 **Boudy. 1955.** Economie forestière nord-africaine, tome quatrième, description forestière de l'Algérie et de la Tunisie, la rose, Paris. 520 p.
- 📖 **Bouvarel P. 1950.** Les principales essences forestières du Liban. Revue forestière française, 5016 : 323-332 . Debazac E. F., 1964. Manuel des conifères. E. N. E. F., Nancy, 172 p.
- 📖 **Chelouah T, Hamroune Z. 2009.** Analyse et bilan des incendies de forêt dans le massif de l'Ouarsenis. Mémoire de fin d'étude en vue l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'Etat en Sciences Agronomique. Université Ibn Khaldoun de Tiaret.
- 📖 **Claudot EJ. 1974.** Recherche d'une méthode pratique d'évaluation d'un potentiel combustible forestier, Ext, RFF n° spécial TI, pp 162-170.
- 📖 **Colin P, Marielle J, Mariel A, Cabret C, Veillon S, Brocchiero F. 2001.** Protection des forêts contre l'incendie, fiches techniques pour les pays du bassin méditerranéen, CEMAGREF et FAO, pp 11-45.
- 📖 **Debzac E.F. 1968.** Manuel des conifères. Nancy, École nationale des Eaux et Forêts, 1964. 172 p.
- 📖 **Delabraze et Valette. 1974.** Inflammabilité et combustibilité de la végétation forestière, Med, RFF n°spécial TI, pp171-177.
- 📖 **Derridj, A. 1990.** Etude des populations de *Cedrus atlantica* M. en Algérie. Thèse. Doc. Uni. Paul Sabatier. Toulouse : 288 p.
- 📖 **DGF, 2005.** Etat des forets en Algérie, 2005. Première réunion du Comité de pilotage du «Réseau des parcs –INTERREG IIIC Sud »Naples-Italie, du 29 janvier au 1^{er} février 2005.
- 📖 **Dip M, Zaiz A. 2011.** Apport du SIG dans l'étude de la productivité des espèces forestières : Cas du cèdre de l'Atlas dans le Parc National de Theniet El Had.
- 📖 **Djaballah W. 1999.** Réflexion sur les origines et les moyens de lutte contre les incendies de forêts en Algérie : Cas de la wilaya de Tipaza. Mémoire d'ingénieur agronome, Institut National Agronomique, EL harrach, Alger, 92p.
- 📖 **El yousefi M. 1994.** La santé du Cèdre de l'Atlas au Maroc. Ann. Rech. For., T (27): 593-611.
- 📖 **EmbergerL et Chadefaud M. 1960.** Les végétaux vasculaires (Systématique).Tome II, Masson et éditeurs libraires de l'académie de médecine, 120 Boulevard Saint Germain, Paris VI, 753P

- 📖 **Emberger, L. 1955.** Une classification biogéographique du climat. Revue naturelle Montpellier .fasc7.
- 📖 **Ezzahiri M., 1989.** Application de l'analyse numérique à l'étude phytoécologique et sylvicole de la cédraie de S i d i-Mgu i l d. (Moyen Atlas tabulaire). Thèse Doct. en sciences, Univ. Aix-Marseille III ,163 p.
- 📖 **Farbet J.P et Rabase J.M. 1985.** Introduction dans le sud de la France d'un parasite *Pauecia cerobii* (Hymenoptera ; Aphidiidea) du puceron : *cedrobium laportei* (Hom ;Lachnidea) du cèdre de l'atlas : *Cedrus atlantica*. Entomopiiaga 32(2). Springer. Pp : 127-141.
- 📖 **Faurel,L & Laffite, L. 1949.** Facteurs de répartition des cédraies dans le massif del'aures zt de Belezma. Bul. Sci. D'Hist. Nat. de l'Afrique du nord. Tom 40. P. 178-182.
- 📖 **Faurel L., 1947.** Note sur la cédraie de l'Atlas de Blida, ses sols et ses associations végétales. CR. Congo pédologie, Montpellier-Alger, 474-480.
- 📖 **Favre P. 1992.** Feux et forêts, revue forêt Med, T XIII, n°01, p 31-39.
- 📖 **Fenneni S. 2016.** Contribution à l'étude des plantations du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) Dans le Parc National de Theniet El Had (W. Tissemsilt). Diplôme de Master Académique en Sciences de la Nature et de la Vie, Université Ibn Khaldoun –Tiaret. 50p.
- 📖 **Garadi S. 1992.** Etude de la régénération naturelle assistée du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) dans le parc national de Chréa. Thèse Ing, foresterie, INA Alger, 51P
- 📖 **Gausсен. 1964.** Les gymnospermes actuelles et fossiles. Fascicule VII genre Pinus, Cedrus et Abies. Fac.de sciences. Toulouse pp.295-320
- 📖 **Guiran M. 1974.** L'étude statistique des feux de forêts : l'opération Prométhée, RFF n° spécial TI, pp 82-92.
- 📖 **Hadji O. 1991.** Contribution à l'étude de la régénération naturelle du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) en forêt domaniale de Belezma (W Batna). Thèse Ing, Foresterie, INA, Alger, 81P
- 📖 **Hadji O. 1998.** Contribution à l'étude éco physiologique du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica*.M) au parc national de Theniet EL Had (wilaya de Tissemsilt). Thèse magistère. INA. Alger146p.
- 📖 **Halimi A. 1980.** L'Atlas Blidien. Climat et étage végétaux. Ed. O.P.U. Alger: 523 p.

- 📖 **Hammeche M. 2002.** Impact des incendies sur la diversité avienne du parc national de Gouraya (Bejaia). Mémoire ingénieur agronome, Institut National Agronomique, EL harrach, Alger, 74p.
- 📖 **Harkat H, KHelifi F. 2016.** Contribution de la Télédétection à la Réalisation de la Carte de Végétation dans le Parc National de Theniet El Had (Conton Sidi Abdoun). Mémoire pour L'obtention du Diplôme de Master. Université de Djilali Bounaama Khemis Miliana.
- 📖 **Jappiot M., Blanchi R., Guarnieri F. & Alexandrian D. 2002.** Plans de prévention des risques naturels (PPR) Risques d'incendies de forêt. Guide méthodologique, La Documentation Française, 86 pages.
- 📖 **Krouchi F. 2010.** Etude de la diversité de l'organisation reproductive et de la structure génétique du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) en peuplement naturel (Tala Guilef, Djurdjura nord-ouest, Algérie). Th. Doct.Ummto, 127p.
- 📖 **Lanier. (1986).** Précis de sylviculture, Ed, ENGREF, p468.
- 📖 **Lehouerou I. 1980.** Impact de l'homme et des animaux sur la forêt méditerranéenne, Ext, Rev. For. Med, TII n°01, pp38-44.
- 📖 **Le Houérou H. N., 1987.** Vegetation and wildfires in the Mediterranean basin: evolution and trends. Eco l .Med it, 13 (4) : 13-23.
- 📖 **Lepoutre B, et Puios. 1963.** Recherche sur les conditions édaphiques de régénération des cédraies marocaines. Ann Rech For 1963 ; 6, Rapport 1957-1961, fasc. 2 ; 210 p.
- 📖 **Lepoutre B., 1964.** Premier essai de synthèse s u r le mécanisme de l a régénération du cèdre dans le Moyen Atlas marocain. Ann. rev. for. Mar., 7 : 57-163.
- 📖 **M'herit O, 1982.** Etude écologique et forestière des cédraies du Rif Marocain : Essai sur une approche multidimensionnelle de la phytoécologie et de la production du cèdre de l'atlas. Ann. Rech. For. Maroc2(1). 499p.
- 📖 **M'herit, O. 1993.** Le cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti). Présentation générale et état des connaissances a travers le réseau Silva Mediterranea "Le Cèdre". In : Le cèdre de l'Atlas. Actes du séminaire international sur le cèdre de l'Atlas. I frane (Maroc), 7 – 11 Juin 1993. Annales de la recherche forestière au Maroc **27** (spécial). Pp : 4-21
- 📖 **M'herit O. 2006.** Le Cèdre De L'atlas : Mémoire Du Temps. Ed. Mardaga: 288p.
- 📖 **M'herit, O. 1999.** Mediterranean forest: ecological space and economic and community wealth. Unasyva... 197 : 3-15

- 📖 **Margerit J. 1998.** Modélisation et simulations numériques de la propagation de feux de forêts. Thèse, Doctorat. Institut. National polytechnique de lorraine. Nancy, France, 260 p.
- 📖 **Massif T. 2006.** Etude de la productivité du cèdre de l'atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) dans le parc national de Theniet El-Had (w.Tissemsilt). Mém. Ing.agr ; INA, El-Harrach, Alger ,80 p. et annexes.
- 📖 **Mazirt N. 1991.** Contribution à l'étude des facteurs de dégradation de la cédraie du Parc National de Belezma. Thè. Ing. Uni. INA. Alger. 34p.
- 📖 **Meddour O. 2014,** les feux de forêts en Algérie : Analyse du risque ; étude des dispositifs de défense et des politiques de gestion, thèse docteur en sciences agronomiques, université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou 295p.
- 📖 **Melazem B. 1990.** Etude des facteurs limitant de la régénération naturelle du cèdre de l'Atlas *Cedrus atlantica* Manetti dans le parc national de Theniet.El.Had. Thèse, Ing, USTHB-Bab Ezzouar- Alger. 61 p.
- 📖 **Melazem B. 1990.** Etude des facteurs limitant de la régénération naturelle du cèdre de l'Atlas *Cedrus atlantica* Manetti dans le parc national de Theniet.El.Had. Thèse, Ing, USTHB-Bab Ezzouar- Alger. 61 p.
- 📖 **M'hirit O. 1994.** Le cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti), présentation générale et état des connaissances à travers le réseau Silva mediterranea « le Cèdre» Ann, Rech, For 1993; 27 (special), vol. 1: 4-21
- 📖 **Mille R. 1986.** Contribution a l'étude de la variabilité génétique du cèdre. Thé. ENITEF.INRA. Laboratoire d'amélioration des arbres forestiers. 122p.
- 📖 **Montgolfier J. 1989.** Protection des forêts contre l'incendie, guide technique duforestier méditerranéen français, CEMAGREF, France, p10-19.
- 📖 **Mouna M. 1994.** Etat des connaissances sur l'entomofaune du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) au Maroc. In : Le cèdre de l'Atlas. Actes du séminaire international sur le cèdre de l'Atlas. Ifrane (Maroc), 7 – 11 Juin 1993. Annales de la recherche forestière au Maroc 27 (spécial). Pp : 514-526.
- 📖 **Nageleisen LM. 2006.** Effects of drought and heat on forest insect populations in relation to the 2003 drought in Western Europe. Ann. For. Sci. 63 Pp : 613–624.
- 📖 **Naggar O.E.D ; Bouazza K et Bouhraoua T.R. 2013.** Effet des incendies de forêts sur la structure de la suberaie du Parc National de Theniet-El-Had (W. Tissemsilt) et proposition des actions visant sa réhabilitation ; In : Anonyme, La Réhabilitation des Suberaies Incendiées et Reboisement. Université Abou Bekr BELKAID Tlemcen. Les

- 16et 17 Janvier 2013. Disponible sur : <<http://www.rencontre-medsuber.com/7-24-Docs.-2013>>. [Consulté le 12/02/2017]
- 📖 **Naggaz B. 2006.** Contribution à l'étude de l'entomofaune du chêne liège (*Quercus suber* L.) dans le parc national de Théniet El Had -Wilaya Tissemsilt. Ingénieur d'Etat en sciences agronomiques, Université IBN KHALDOUN –Tiaret. 66 p.
- 📖 **Nedjahi A. 1988.** La cédraie de Chréa. (Atlas Blideen) : Phénologie, productivité, régénération. Thèse. Doc. Univ. De Nancy. 184p.
- 📖 **Ne'eman G., Lahav H. & Izhaki I. 1992.** -Spatial pattern of seedling 1year after fire in a Mediterranean pine forest. *Oecologia*, 91: 365-370.
- 📖 **Nicot L. 1974.** Etude de la répartition des incendies en fonction des causes en GIRONDE, RFF, n° spécial TI, pp 94-98.
- 📖 **Ouadah N. 1998.** Incendies de forêt: essai de diagnostic à travers l'étude statistique de la wilaya de Tipaza, Thèse Magister Agronomie, INA (Alger), pp50-58.
- 📖 **PNTEH. 2012.** Plan de gestion période 2002/2008. 116 P.
- 📖 **PNTEH. 2017.** Les ressources naturelles du parc national. 23 p.
- 📖 **Pradal F. 1979.** Variabilité génétique et écophysologique du cèdre. Résumé. INRA département Forêt. Nancy.
- 📖 **Pujos A. 1964.** Les milieux de la cédraie marocaine. Etude d'une classification des cédraies du Moyen Atlas et du Rif en fonction du sol et du climat de la régénération actuelle dans les peuplements. *Ann. Rech. For. Maroc.* 8: Rabat 283.
- 📖 **Quezel P. 2000.** Réflexions sur l'évolution de la flore et de la végétation au Maghreb méditerranéen, Ed, Ibis, Presse, paris, 117 p.
- 📖 **Quezel P. 1979.** La région méditerranéenne française et ses essences forestières. Signification écologique dans le contexte circum-méditerranéen, forêt méditerranéenne, t. j, no 1, 7-18 p
- 📖 **Quezel. 1976.** Les forêts de pourtour méditerranéen. In forêts et maquis, écologie et aménagement Note Tech MAB N°2.
- 📖 **Quézel, P. & Santa, S. 1962-1963.** Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. CNRS., Paris, 2 tomes, 1170 pages.
- 📖 **Quézel P., 1980.** Biogéographie et écologie des conifères sur le pourtour méditerranéen. in P. Pesson (e d.), *Actu a lités d'écologie forestière*, pp 205-255, Gauthier-Villars, Paris.

- 📖 **Rebai A. 1983.** Les incendies de forêts dans la wilaya de Mostaganem (Algérie). Etude écologique et proposition d'aménagement. Thèse. Doct. Univ. Sci. Marseille, France ,130 p.
- 📖 **Roque C. 1983.** Impact des insectes ravageurs des cônes et graines sur les potentialités de régénération naturelle des principales essences constituant les forêts d'altitude du Briançonnais. Régénérations des forêts d'altitude. Université de Savoie. Office National des Forêt. Pp : 17-28.
- 📖 **Sahnoune S. 1990.** Contribution à l'évaluation des moyens de lutte contre les incendies des forêts en Algérie. Mémoire d'ingénieur agronome, Institut National Agronomique, EL harrach, Alger, 217p.
- 📖 **Sari Dj. 1977.** L'homme et l'érosion dans l'Ouarsenis (Algérie).SNED. Alger. 63 – 204.
- 📖 **Seltzer P. 1946.** Le climat de l'Algérie .Insti –Météophysique. Université d'Alger, 219p.
- 📖 **Susmel L. 1974.** les incendies de la végétation en Sordogne, RFF, n°spécial TI, pp 64-78.
- 📖 **Toth J. 1978.** Contribution à l'étude de la fructification et de la régénération du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* M) dans le Sud de la France. Thèse. Doc. Ing. Fac. St. Jérôme – Marseille. France : 136 p.
- 📖 **Toth j. 1987.** Installation et développement du semis naturel " pin noir d'Autriche, pin sylvestre et cèdre de l'Atlas " après incendie sur le Mont Ventoux. Forêt Méditerranéenne, 9 (1): 29-34.
- 📖 **Toth J. 1980.** Le cèdre dans quelques pays du pourtour méditerranéen et dans deux autres pays à grande importance forestière. Forêt Méditerranéenne. T. II. N° 1 : 23 – 30.
- 📖 **Toth J. 2005.** Le cèdre en France, étude approfondie de l'espèce. Edi, Harmatan.217p.
- 📖 **Toth J. 1970.** Plus que de centenaire et plein d'avenir : Le cèdre en France R.F.F. Vol. XXII, n° 3: 355 -364.
- 📖 **Trabaud L. 1974.** Apport des études écologiques dans la lutte contre le feu. Revue forestière française – numéro spécial, pp 135-140.
- 📖 **Trabaud L. 1989.** Impact biologie et écologie des feux de végétation des zones de garrigues du bas Languedoc, thèse état, p 288.

-  **Zedak M. 1993.** Contribution à l'étude de la productivité du *Cedrus atlantica* M dans le parc national de Théniet El Had. Thèse, Mag, INA, EL Harrache, Alger, 175 + annexe.
-  **Zedek M. 1984.** Contribution à l'étude de l'inventaire forestière du parc national de Théniet El-Had. Mém .ing.agr ; INA, El-Harrach, Alger, 81p.
-  **Zeraia L., 1986.** Etude phytosocio-logique des groupements forestiers du parc de Chréa. Ann. rech. forest. Algérie, vol . 1 : 23-52.
-  **La direction des forêts du Wilaya de tissemsilt**

Résumé :

Les paysages de la région méditerranéenne sont façonnés par l'action des feux récurrents. Les feux sont des événements courants qui ont existé depuis fort longtemps, les végétaux sont habitués à cette perturbation naturelle, et ont développé au cours du temps des mécanismes qui leur permettent de résister et de s'adapter. Dans le cadre de ce mémoire, nous n'avons pas pu analyser la reprise végétative du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica*), dix mois après le passage de l'incendie à cause de la pandémie de Corona virus. Pour cela nous avons adopté une approche qui se base sur l'analyse des études précédentes (analyse et discussion Review). A travers l'ensemble des études précédentes consultées, à sembler que la région d'étude réagit favorablement au passage de l'incendie et les résultats consultés montrent que le cèdre d'Atlas réoccupe le milieu incendié surtout vers les limites du houppier.

Mot clés : parc national de Teniet El Had, cèdre de l'Atlas, Feux de forêts, Incendie, reprise végétative.

Summary

The landscapes of the Mediterranean region are shaped by the action of recurrent fires. Fires are common events that have existed for a very long time, plants are used to this natural disturbance, and over time have developed mechanisms that allow them to resist and adapt. Within the framework of this thesis, we were not able to analyze the vegetative recovery of the Atlas cedar (*Cedrus atlantica*), ten months after the passage of the fire because of the pandemic of Corona virus. For this we have adopted an approach which is based on the analysis of previous studies (Review analysis and discussion). Through all of the previous studies consulted, it seems that the study region reacted favorably to the passage of the fire and the results obtained show that the Atlas cedar reoccupies the burnt environment, especially towards the edges of the crown.

Key word: national park of Teniet El Had, cedar of the Atlas, forest fires, fire, vegetative recovery.

ملخص:

تشكل المناظر الطبيعية لمنطقة البحر الأبيض المتوسط بفعل الحرائق المتكررة. تعتبر الحرائق من الأحداث الشائعة التي كانت موجودة لفترة طويلة جدًا ، والنباتات معتادة على هذا الاضطراب الطبيعي ، وبمرور الوقت طورت آليات تسمح لها بالمقاومة والتكيف. في إطار هذه الأطروحة ، لم يتمكن من تحليل التعافي الخضري لأرز أطلس (*Cedrus atlantica*) ، بعد مرور عشرة أشهر على مرور النيران بسبب فيروس كورونا. لهذا اعتمادنا نهيًا يقوم على تحليل الدراسات السابقة (تحليل المراجعة والمناقشة). من خلال جميع الدراسات السابقة التي تم الرجوع إليها ، يبدو أن منطقة الدراسة قد تستجيب بشكل إيجابي لمرور النار ، وأظهرت النتائج التي تم الحصول عليها أن أرز الأطلس يعيد احتلال البيئة المحترقة ، خاصة نحو حواف التاج.

الكلمات المفتاحية : الحظيرة الوطنية لثنية الحد ، الارز الأطلسي ، حرائق الغابات، النيران، التجديد الخضري