

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Ibn Khaldoun–Tiaret
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des Sciences de la Nature et de la Vie

Mémoire de fin d'études
En vue de l'obtention du diplôme de Master académique

Domaine : "Sciences de la Nature et de la Vie"

Filière : "Ecologie et Environnement "

Spécialité : "Biodiversité et écologie végétale "

Présenté par :

-BOUMAZA Chahrazed Nawel

-SALEM Hafidha

**Situation actuelle de l'état sanitaire du dépérissement de
cèdre de l'Atlas dans la cédraie de Theniet El Had (cas du
canton PEPINIERE).**

Soutenu publiquement le 25-06-2019.

Jury :

Président : Mr. ABDELHAMID D.

Encadreur : Melle. BOUAZZA Kh.

Examineur : Melle. NAGGAR O.

Année universitaire 2018-2019

Remerciements

*Au terme de ce travail Nous tenons à exprimer nos remerciements à notre promotrice Melle **BOUAZZA Kh.** qui n'a pas hésité à nous prendre en charge et de nous guider le long de ce mémoire, le partage de ses connaissances et sa grande expérience a été déterminante pour la réalisation de ce travail.*

*Nous exprimons notre profonde gratitude à Mr. **ABDELHAMID D.** qui a avec beaucoup d'amabilité accepté de présider le jury. Nous lui exprimons nos profondes reconnaissances et nos sincères remerciements.*

*Nous tenons également à remercier Melle. **NAGGAR O.** qui a bien voulu examiner ce travail.*

*Nous exprimons profondément nos remerciements à Monsieur **Benkhatou Aek.** Qui a partagé avec nous ses connaissances pour réaliser ce travail.*

*Nos sincères remerciements vont également à Monsieur **SEDDIR LARBI** qui nous a guidé sur terrain, par ses conseils et son aide au niveau du parc national de Theniet el had.*

*Nous tenons également à exprimer nos profonds remerciements à monsieur **SARMOUM Med.** Le responsable de master de la séparabilité *biodiversité et écologie végétale.**

A tous nos enseignants de la faculté de la Science de la Nature et de la Vie et à Mr le chef de département de la faculté.

Que tous ceux qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail :

A mes chers parents.

A ce lui qui m'a soutenue tout au long de mes études : mon très chère frère

Ahmed et sa femme

A Mes sœurs Malika. Meriem et Rachida et ses maries.

A mes frères Abdelkader. Abdjabar et Zakaria et ses femmes.

A mes petites nièces et mes Neveux.

A toute la famille de «Boumaza» ET « Okbi »

A Ma copine et ma binôme : Hafidha.

A Mes chères amies.

Chakrazed

Dédicace

Je dédie ce travail :

A mes chers parents pour tous leurs sacrifices, leurs amours, leurs tendresses, leurs soutiens et leurs prières tout au long de mes études.

A mes chères sœurs NASSIMA et ZINOUBA pour leurs encouragements et leur soutien moral

A mes chers frères : ABD EL HAMID et MOHEMMED

A toute la famille de « SELEM » ET « MOKHTARI »

Sans oublier mes chères « Wahiba » et « Amel »

A ma meilleur binôme « CHAHRAZED » que j'ai passé des bons moments avec elle .

Merci d'être toujours là pour moi c'est un grand plaisir.

HAFIDHA

Sommaire

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

Partie bibliographique

CHAPITRE 01 : Généralités sur le cèdre de l'Atlas.

1. Généralités sur le cèdre de l'Atlas.....	3
✓ 1.1. Historique du cèdre	3
✓ 1.2. Taxonomie	3
✓ 1.3. Caractères botaniques	4
✓ 1.4. Cycle de reproduction du cèdre	6
✓ 1.5. Conditions climatiques.....	7
✓ 1.6. Conditions édaphiques	8
✓ 1.7. Conditions écologiques	9
✓ 1.8. Aire de répartition	9
1.8.1. Aire naturelle	9
1.8.2. Aire d'introduction.....	11
✓ 1.9. Association.....	11
✓ 1.10. Intérêt	12
✓ 1.11 Ennemis.....	12

CHAPITRE 02 : Dépérissement des arbres forestiers.

2. Dépérissement des arbres forestiers	14
✓ 2.1. Dépérissement dans le monde	14
✓ 2.2. Dépérissement en Algérie	15
✓ 2.3. Causes de dépérissement des arbres forestiers	16
✓ 2.4. Symptômes de dépérissement	17
✓ 2.5. Types de symptômes	17
✓ 2.6. Facteurs de dépérissement	18
✓ 2.7. Recommandations	19

Partie Expérimentale

CHAPITRE 03 : Présentation de la zone d'étude

3. Présentation de la zone d'étude	20
✓ 3.1. Localisation	20
✓ 3.2. Limite géographique et superficie	21

✓ 3.3.Importance du parc	23
✓ 3.4.Climat	23
✓ 3.5.Topographie	24
✓ 3.6.Pédologie	25
✓ 3.7.Réseau hydrique	25
✓ 3.8.Flore	26
✓ 3.9.Faune	28
✓ 3.10.Actions anthropiques	28
✓ 3.11.Canton d'étude	29

CHAPITRE 04 : Matériels et méthode

4. Matériels et méthodes	31
✓ 4.1.Echantillonnage	31
4.1.1.Echantillonnage pied par pied	31
✓ 4.2.Données récoltées	32
4.2.1 Mesures dendrométriques	32
4.2.2. Données stationnelles	34
4.2.3. Données symptomatologiques de dépérissement	35

CHAPITRE 05 : Résultats et discussion

5. Résultats et discussion	37
✓ 5.1.Etude symptomatologique	37
✓ 5.2.Indice de dépérissement	40
✓ 5.3.Facteurs stationnels	41
5.3.1. Pente	41
5.3.2. Exposition	42
5.3.3. Microrelief	43
5.3.4. Altitude	44
✓ 5.4.Facteurs dendrométriques	45
5.4.1. Circonférence à 1.30 m	46
5.4.2. Hauteur totale (m)	47
5.4.2. Surface terrière (m ²)	47
5.4.3. Hauteur de houppier (m)	48
Conclusion	49

Références bibliographiques

Annexes

Liste des figures

Figure 1.1 :	Le cèdre de l'Atlas.....	5
Figure 1.2 :	Cône, rameau et aiguilles du cèdre de l'Atlas	6
Figure 1.3 :	Cycle de reproduction du cèdre de l'Atlas	7
Figure 1.4 :	Répartition du cèdre de l'Atlas en Algérie et au Maroc.....	10
Figure.1.5.	Chenille processionnaire du pin	15
Figure 2.1 :	Carte des étages climatiques du Nord Algérie et la distribution de la mortalité du cèdre de l'Atlas.....	16
Figure 3.1 :	Carte de localisation du parc national du Theniet el had wilaya de Tissemsilt.....	21
Figure 3.2 :	Carte d'exposition dans le parc National de Theniet El Had willaya de Tissemsilt.....	22
Figure 3.3 :	Carte des cantons du parc national de Theniet El Had willaya de Tissemsilt.....	22
Figure 3.4 :	Carte de structure pédologique du parc national de Theniet El Had willaya de Tissemsilt.....	25
Figure 3.5 :	Carte de réseau hydrique dans le parc national de Theniet El Had willaya de Tissemsilt.....	26
Figure 3.6 :	Carte de La végétation dans le parc National de Theniet El Had willaya de Tissemsilt.....	28
Figure 3.7 :	Action anthropiques dans le parc de Theniet El.Had	29

Figure.3.8 :	Délimitation	de	la	zone	d'étude.....	30
Figure 4.1 :	Echantillonnage pied par pied des arbres dépéris et dépérissants dans le canton PEPENIERE.....					32
Figure 4.2 :	Mesure des hauteurs totales à l'aide du dendromètre Blum-leiss.....					33
Figure 4.3 :	Particularités des mesures de circonférence à 1.30m.....					34
Figure 4.4 :	Matériels utilisés.....					35
Figure 5.1 :	cèdre de l'Atlas sain (classe 0).....					37
Figure 5.2 :	Arbre de cèdre de l'Atlas dépérissant 10% (Classe 01).....					38
Figure 5.3 :	Arbre du cèdre de l'Atlas dépérissant 50 % (Classe 02).....					38
Figure 5.4 :	Arbre du cèdre de l'Atlas dépérissant 60-75% (classe 03).....					39
Figure 5.5 :	Arbre du cèdre de l'Atlas dépéri 100% (classe 04).....					39
Figure 5.6 :	Distribution en fréquence relative des niveaux de l'indice sanitaire.....					40
Figure 5.7 :	Répartition en % les classes de pente.....					42
Figure 5.8 :	Répartition en % des classes d'expositions.....					43
Figure 5.9 :	Répartition en % types de Microrelief.....					44

Figure 5.10 :	Répartition en % les classes d'altitude.....	45
Figure 5.11 :	Fréquences relatives des classes de circonférences 1.30m.....	46
Figure 5.12 :	Fréquences relatives des classes de hauteurs totales(m).....	47
Figure 5.13 :	Fréquences relatives des classes des surfaces terrières (m ² /ha).....	48
Figure 5. 14 :	Fréquences relatives des classes de hauteur d'houpier (m).....	49

Liste des tableaux

Tableau 1.1 :	Caractères biologiques du genre <i>Cedrus</i>	4
Tableau 1.2 :	Caractéristiques ombrothermiques du cèdre de l'Atlas.....	8

Tableau 4.1 : Classes du dépérissement dans le canton PEPINIERE.....	34
Tableau 4.2 : Observations du poids des arbres dépéris.....	35
Tableau 4.3 : Différents niveaux de l'indice de dépérissement.....	35
Tableau 5.1 : caractéristique dendrométrique statistiques des arbres dépéris et dépérissant du cèdre	de l'Atlas
.....	44

Liste des abréviations

- $C_{1.30m}$: circonférence à 1.30 mètre.

- C_v*** : coefficient de variation.
- FAO*** : Food and Agriculture Organization.
- g*** : surface terrière.
- GPS*** : Globale Position Système.
- H_{tot}*** : hauteur totale.
- H_h*** : hauteur d houppier.
- INRA*** : Institut National de la Recherche Agronomique.
- ID*** : indice de dépérissement.
- N*** : nord.
- NE*** : nord-Est.
- NW*** : nord-ouest.
- P.N.T.E.H*** : Parc National de Theniet El Had.
- P*** : poids.

Introduction

INTRODUCTION

La formation forestière du Nord algérien couvre une superficie de 4,1 millions hectares dont les essences prédominantes sont le pin d'Alep, le chêne liège, le chêne zeen et le cèdre de l'Atlas qui occupe une superficie éparpillée de 16000 ha en îlots discontinus (FAO, 2000).

Cedrus atlantica est une essence forestière noble, majestueuse et endémique des montagnes de l'Afrique du Nord, c'est l'une des espèces les plus importantes de point de vue économique et écologique. Il peut atteindre 40 mètre de hauteur. Il se trouve dans les bioclimats subhumides, humides à per humides froids à très froids avec des précipitations allant de 500 à 2000 mm par an et des températures minimales du mois le plus froid entre -1 et -8°C. Pour les conditions édaphiques, il s'installe sur divers types de substrats, il pousse sur les sols meubles, profonds et non acides. Il se trouve aussi sur les sols calcaires ou les formations des soles siliceux (Boudy, 1950 ; Benabid, 1994 ; Rameau et al., 2005 ; Demarteau et al., 2007). Désastreusement, cette essence souffre au phénomène de dépérissement.

Le dépérissement est un phénomène complexe qui induit de nombreuses interrogations chez les gestionnaires et les propriétaires. C'est un terme de symptomatologie montre une altération durable de l'aspect extérieur des arbres (mortalité d'organes pérennes, réduction de la qualité et la quantité du feuillage) et une réduction de la croissance qui cohérent à la mort des arbres (Delatour, 1990).

Ce phénomène touche l'ensemble des cédraies de l'Algérie et aussi le parc national de Theniet El Had, qui fût le premier espace protégé en Algérie le 23 Juillet 1983 sur une surface de 3424 ha avec un statut de gestion scientifique. Le parc national de Theniet El Had dépend administrativement de la wilaya de Tissemsilt et de la daïra de Theniet El Had (Nord-Ouest de l'Algérie). Il est soumis à un étage bioclimatique subhumide à hiver froid (P.N.T.E.H, 2006).

Le problème de dépérissement reste soumis à une situation très dangereuse en termes de durabilité des essences forestières au niveau du parc. En fin plusieurs hypothèses ont été soulevées pour cette problématique comme : les changements climatiques et le stress hydrique mais aucun d'elles n'a été confirmé jusqu'à maintenant.

Nous sommes intéressés dans ce travail à évaluer et connaitre l'État actuel et sanitaire des arbres dépéris et dépérissant du cèdre de l'Atlas au parc national de « Theniet el Had », et plus particulièrement, au niveau du canton PEPINIÈRE.

Pour réaliser cette étude, nous avons ordonné le travail en deux parties : une partie bibliographique et une partie expérimentale. La partie bibliographique subdivise en deux chapitres essentiels. Le premier chapitre représente des généralités sur le cèdre de l'Atlas et le deuxième chapitre explique le dépérissement des arbres forestiers. La partie expérimentale subdivise en trois chapitres : Un chapitre pour l'identification et la présentation de la zone d'étude en suite un chapitre sur matériels et les méthodes utilisées pour réaliser cette étude et dernièrement pour fruitier ce travail nous avons interprété les données récoltées dans le derniers chapitre de résultats et discussion et nous terminons par une conclusion.

Partie bibliographique

Chapitre 01 :

Généralités sur le cèdre de l'Atlas

1. Généralités sur le cèdre de l'Atlas :

1.1. Historique du cèdre :

Les conifères sont l'un des éléments les plus remarquables des paysages méditerranéens. À travers le disque paléobotanique, les forêts méditerranéennes récentes sont de l'ère du Quaternaire car le climat mondial est passé d'un climat glaciaire à un climat plus chaud et plus humide qu'aujourd'hui. Dans l'hémisphère nord tempéré, la répartition des arbres est la même que de la période glaciaire tel que le cas de la famille des pinacées comme le genre *Cedrus* qui faisait probablement partie des forêts Ibérique jusqu'au Pléistocène supérieur, Les données génétiques indiquent que les migrations tertiaires vers la méditerranée de taxons originaires d'Asie ont laissé leur empreinte dans la structure génétique moderne. Probablement le genre *Cedrus* ait migré en Afrique du Nord à la fin du Tertiaire (Cheddadi et *al.*, 2009 ; Alba-Sanchez et *al.*, 2018).

Le premier qui a donné un nom au cèdre c'est Maire sous un nom *Atrovirens maire*. Mais le premier cèdre décrit en Afrique du Nord en janvier 1844 par Renou sous le nom de *Cedrus argentea*, après en 1844, Manetti a donné la nomination actuelle *Cedrus atlantica* (Gaussen, 1952).

1.2. Taxonomie :

La position taxonomique de cèdre de l'Atlas est (Emberger et Chadefaud, 1960) :

- ✓ **Règne** : végétal ;
- ✓ **Embranchement** : Spermaphyte ;
- ✓ **Sous-embranchement** : Gymnosperme ;
- ✓ **Classe** : Vectrice ;
- ✓ **Ordre** : Coniférales ;
- ✓ **Sous -ordre** : Abiétales ;
- ✓ **Famille** : Pinacées ;
- ✓ **Sous-famille** : Abiétés ;
- ✓ **Genre** : *Cedrus* ;
- ✓ **Espèce** : *Cedrus atlantica Manetti* ;
- ✓ **Nom commun** : cèdre de l'Atlas ;
- ✓ **Nom en Arabe** : *El Arz* ;
- ✓ **Nom vulgaire** : Madad ;
- ✓ **Nom berbère** : Begnoun.

1.3. Caractères botaniques :

Le genre *Cedrus* instruit trois bloc géographique : Afrique de Nord, Asie mineure et Himalaya (M'hirit, 1999). Les caractères biologiques et botaniques de ces différentes espèces sont repris au tableau 1.1, *Cedrus atlantica* est l'une des espèces économiquement et écologiquement les plus importantes de la montagne méditerranéenne (Demarteau et al., 2007). C'est une essence forestière noble, endémique des montagnes de l'Afrique du Nord (Maroc et l'Algérie). Il est de haute taille de 30 à 40 mètre (figure 1.1). Il occupe de surface d'importance inégale (Rameau et al., 2005).

Tableau 1.1 : Caractères biologiques du genre *Cedrus* (Toth, 2005).

Espèces	<i>Cedrus atlantica</i>	<i>Cedrus libani</i>	<i>Cedrus brevifolia</i>	<i>Cedrus deodara</i>
Caractères				
Aiguilles	15-25 mm	15-35 mm	5-10mm	30-50mm
Croissance juvénile	Mono-Cyclique	Mono-Cyclique	Mono-Cyclique	Poly-Cyclique
Epoque de pollinisation	Mi-Septembre	Mi-Septembre	Début - Septembre	Début - Novembre
Cône : -long -diamètre	5 à 8 cm 3 à 5 cm	8 à 10cm 4a 6 cm	5 à 7 cm 3 à 4 cm	9 à 12 5 à 7
Durée de maturité	2 ans	2 ans	2 ans	1 an
Facteurs de désarticulation	Alternance Humidité Chaleur Gel-dégel	Alternance Humidité Chaleur Gel-dégel	Alternance Humidité Chaleur Gel-dégel	Chaleur seule
Ouverture des cônes	Haut	Haut	Bas	Haut centre
Poids des graines	5-8g	9-11g	5-6g	10-12g
Superficies	130000ha au Maroc. 26000ha en Algérie.	150000ha.	500000ha.	Quelque dizaine hectare.



Figure 1.1 : Le cèdre de l'Atlas (photo prise le 25/03/2019).

- **Port** : il est pyramidal avec un fût droit, cime régulière et pointue, à l'âge adulte, il prend une forme tabulaire lorsque les branches du sommet se couchent à l'horizontale pour former « la table » (Toth ,1980 ; Dashiell et Colombet, 2009) ;
- **Racines** : le système racinaire est développé, mais rarement pivotant (Boudy, 1950) ;
- **Ecorce** : quand le cèdre est jeune, l'écorce est lisse et de couleur brune, puis grise foncé, enfin crevasse sinueuse quand il est âgé (Rameau et *al.*, 2005) ;
- **Aiguilles** : les aiguilles du cèdre sont groupées au sommet de très courts rameaux (Figure1.2.), en petites bouquets de 30 à 40 aiguilles qui sont persistantes (M'hirit et Benziane, 2006 ; Demarteau et *al.*, 2007). Elles sont assez rigides, avec une taille de 15 à 20mm, leur couleurs allant du vert clair foncé ou glauque jusqu'au bleu (Rameau et *al.*, 2005) ;

- **Fleurs** : les fleurs mâles et femelles de type chatons évoluent sur le même arbre (essence monoïque). Les inflorescences mâle et femelle ne se constituent pas en même temps. Les inflorescences mâles sont de couleur jaune verdâtre (Rameau et *al.*, 2005; M'hirit et Benziane, 2006) ;
- **Cônes** : les cônes ont une longueur de 5 à 8 cm, d'une forme ovoïde cylindrique (figure 1.2), se désarticulant lentement sur l'arbre au bout de 2 ans (Rameau et *al.*, 2005). Les cônes sont constitués d'écaillés disposées en spirale ; les cônes mâles et femelles sont séparés, mais portés par le même spécimen (plante monoïque). Dans des conditions favorables, les cônes mâles apparaissent sur des arbres de 15-16 ans et les cônes femelles sur des arbres de 17-18 ans. Dans le cas contraire où les conditions sont plus difficiles, ils peuvent se développer seulement sur des spécimens âgés de 30-32 ans (Demarteau et *al.*, 2007) ;
- **Graines** : sont marron-roux avec une longueur de 10 à 15 mm, tendres et très résineuses (Toth, 1980).



Cône et rameau



Aiguilles

Figure 1.2 : Cône, rameau et aiguilles du cèdre de l'Atlas (photo prise le 25/03/2019).

1.4. Cycle de reproduction du cèdre :

Le cycle de reproduction du cèdre de l'Atlas est caractérisé par une floraison automnale. Comme elle montre la figure 1.3. Les strobiles mâles apparaissent fin juin de l'année n, avec deux mois d'avance sur les inflorescences femelle. La pollinisation, ce produit au mois de Septembre

de l'année n, mais les grains de pollen ne germent qu'au printemps suivants (fins mai et début de juin), la fécondation à lieu en juin n+1 et les grains sont fermés à l'automne. Elles ne seront toutefois libérées qu'un an plus tard, à l'automne n+2 ou durant l'hiver suivant (Philippe et al., 2006).

Les conditions de germination sont : la maturité physiologique, la lumière, la présence d'eau sans excès, l'oxygène et une certaine température. Ensuite, la vitesse de croissance des racines de la plantule est l'un des facteurs fondamentaux de la survie des semis (Demarteau et al., 2007).

La production des graines jusqu'à leur dissémination, s'étale sur 3 ans. Il peut se résumer à (Demarteau et al., 2007) :

- Année 1 : apparition des cônes, « floraison » et pollinisation ;
- Année 2 : fécondation des ovules par les gamètes mâles et croissance des cônes ;
- Année 3 : Maturation des cônes et leur désarticulation et dissémination des graines.

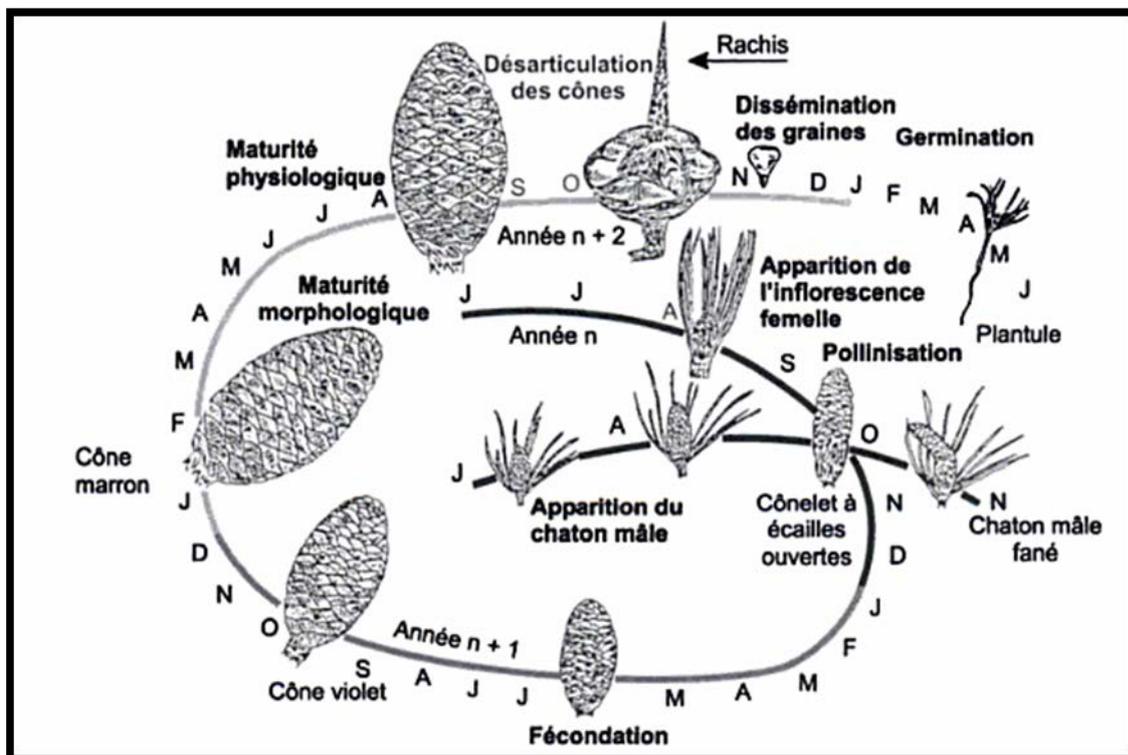


Figure 1.3 : Cycle de reproduction du cèdre de l'Atlas (Philippe et al., 2006).

1.5. Conditions climatiques :

Le cèdre de l'Atlas se trouve dans les bioclimats subhumides, humides à per humides froids à très froids avec des précipitations allant de 500 à 2000 mm d'eau par an et des températures minimales du mois le plus froid entre -1 et -8°C (Demarteau et al.,2007). En Algérie , le peuplement du Cèdre colonise des milieux allant du semi-aride supérieur froid dans certaines

stations de l'Aurès et des monts du Hodna (450 à 500 mm/an) au subhumide frais à froid dans l'Aurès, le Hodna, l'Ouarsenis et le versant sud du Djurdjura (600-800 mm/an) et à l'humide froid dans les Babors (plus de 2000 mm/an), le versant nord du Djurdjura et l'Atlas blidéen (1200-2000 mm/an). En hiver, les peuplements du cèdre ont fréquemment à supporter des températures de -11° à -15°C dans l'Aurès et les monts du Hodna (Abdessemed, 1981 in Harfouche et Nedjahi, 2003). En Maroc, Cet arbre s'étend sur l'étage méditerranéen supérieur froid dans le Moyen-Atlas, le Rif et les Aurès à l'étage oroméditerranéen extrêmement froid dans le Haut-Atlas, mais son optimum bioclimatique correspond à l'étage montagnard- méditerranéen entre 1600 m et 2000 m (ACHHAL et al., 1980 in M'hirit ,1999). Les caractéristiques ombrothermiques des cédraies de l'Afrique du Nord sont données dans le tableau 1.2 ci-dessous :

Tableau 1.2 : Caractéristiques ombrothermiques du cèdre de l'Atlas (M'hirit, 1999).

Type de cédraie	Limite altitudinale	Précipitation Annuelle (mm)	Température Extrêmes	
			M	m
Rif occidental (Maroc)	1 400 – 2300	1 390 - 1 786	28,3° - 24,1°	-5,6° à -0,2°
Rif central (Maroc)	1 500 – 2400	1 257 - 1 707	28,8° - 23,7°	-5,6° à -0,4°
Rif oriental (Maroc)	1 700 - 2 200	906 - 1 311	26,6° - 24,6°	5° à -1,8°
Moyen-Atlas tabulaire (Maroc)	1 500 - 2 000	871 - 1 066	30,9° - 27,6°	-4,7° à -0,5°
Moyen-Atlas Oriental (Maroc)	1 800 – 2000	615 – 927	28° - 26,5°	-6,4° à -3,1°
Haut-Atlas oriental (Algérie)	1 800 – 2400	499 – 799	29,6° - 23,2°	-8,3° à -3,1°
Aurès – Belezma (Algérie)	1 350 – 2300	499 – 790	29,6° - 23,2°	-8,3° à -3,1°
Djurdjura-Babors (Algérie)	1 400 – 2200	1 200 - 1 700	16,8°	-8,5°

1.6. Conditions édaphiques :

Les cédraies s'installent sur divers types de substrats. En générale, le cèdre pousse sur les soles varie de préférence meuble et profond, non acide. Il se trouve aussi bien sur les sols calcaires ou les formations des soles siliceux (Boudy, 1950 ; Benabid ,1994 ; Rameau et al., 2005). Il est capable d'infiltrer ses racines dans les fissures des roches en place mais elles seront au contraire bloquées

par la présence d'un horizon induré (alios, précipitation du calcaire...), argileux, compact, engorgé ou simplement hydro morphe (Courbet et *al.*, 2012).

La meilleure croissance est obtenue avec un PH proche de 4 et la moins bonne avec un PH 8 (qu'il ne faudra pas dépassé. Il donne de moins bons résultats en cas de forte charge en calcaire actif dans la terre fine) (Masson, 2005).

1.7. Conditions écologiques :

Le cèdre pousse dans des conditions écologiques variées et des caractéristiques d'adaptation probablement très différentes : entre le bassin méditerranéen et l'Himalaya évidemment mais aussi à l'intérieur même de ces deux grandes zones géographiques vis-à-vis de la pluviométrie. le Rif s'oppose aux Aurès algériens et l'Himalaya occidental à l'Afghanistan (Arbez et *al.*, 1978).

- **Lumière :** L'arbre adulte est adapté à la pleine lumière et supporte de fortes insolation. Dans sa jeunesse, il tire profit de la demi-lumière et de la présence d'un abri latéral ou d'un couvert modéré qu'il faut supprimer lorsque les sujets atteignent 1.50 m (Masson, 2005).
- **Vent :** les arbres sains résistent bien au vent. Il craint les vents froids et desséchants d'altitude, il présente toutefois des déformations dues au vent (Masson, 2005).

1.8. Aire de répartition :

Cedrus atlantica Manetti est une essence de l'Atlas en Afrique du Nord. Les surfaces les plus importantes se trouvent au Maroc : dans le Rif au-dessus de 1 400 m d'altitude, dans le Moyen Atlas et la chaîne du Grand Atlas au-dessus de 1 500 m. En Algérie, son aire est plus morcelée et il est limité aux montagnes de l'Ouarsenis et l'Atlas Mitidjien entre 1 400 et 2 200 m d'altitude (Fabre, 1976 ; Debazac ,1991).

1.8.1. Aire naturelle :

Le cèdre de l'Atlas est une essence spontanée de la montagne de l'Afrique de Nord comme le montre la figure 1.4. Cette essence couvre dans l'Algérie et au Maroc 162400 hectares mais cette aire est très morcelée. Cette fragmentation est essentiellement liée aux variations climatiques passées et à l'action anthropique (Quézel et Santa, 1962 ; Dashiell et colombet, 2009 ; Sarmoum et *al.*, 2018).

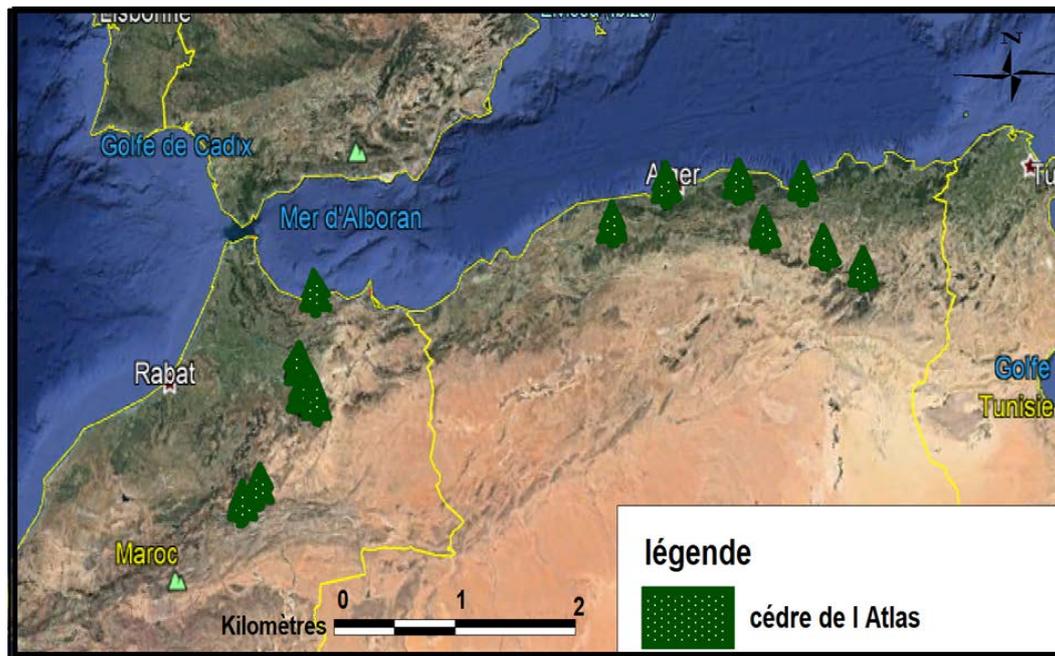


Figure 1.4 : Répartition du cèdre de l'Atlas en Algérie et au Maroc (Google Earth pro, 2019).

En Algérie :

En Algérie, le cèdre de l'Atlas répartis en plusieurs massifs de cédraies mais il est très dispersés et beaucoup plus petits qu'au Maroc (Rabhi et *al.*, 2018).

- **Les cédraies de l'Atlas tellien :** individualisées en quatre îlots : le massif du Djurdjura (200 ha), les monts de Babors (1300 ha), le massif de l'Ouarsenis (11.000 ha) et des monts Blidéens (1.000 ha) (Bariteau et *al.*, 1999).
- **Les cédraies de l'Atlas saharien :** sont les plus importants des cédraies algériennes constituant d'importants peuplements dans les Monts des Aurès et du Belezma (17.000 ha) et dans les Monts du Hodna (8.000 ha) (Bariteau et *al.*, 1999).

Au Maroc :

La grosse masse se trouve au Maroc avec deux blocs, l'un dans le Rif, l'autre dans le Moyen Atlas et le Grand Atlas oriental (Emberger, 1938). *Cedrus atlantica* Manetti occupe près de 132.000 ha réparti principalement dans les chaînes de montagnes du Moyen Atlas (76% des surfaces), du Haut Atlas (13%) et du Rif (11%) (Messat, 1994).

- **Les cédraies du Rif :** d'une superficie de l'ordre de 15.000 ha. Le cèdre se développe à partir de 1.500 m en mélange avec le sapin du Maroc. La cédraie du Tazekka, constitue un îlot d'une superficie de l'ordre de 850 ha (Bariteau et *al.*, 1999).

- **Les cédraies du Moyen-Atlas central** : présentent le plus important du cèdre de l'Atlas d'une superficie de l'ordre de 120.000 ha (Bariteau et al ., 1999).
- **Les cédraies du Moyen-Atlas Oriental** : (23.000 ha) individualisées en petits îlots dans les massifs du Bou Iblane de Taffert et de Tamtroucht au Nord et dans les massifs de Bou Naceur au Sud (Bariteau et al .,1999).
- **Les cédraies du Haut-Atlas Oriental** : avec une superficie de 26.000 ha, développées sur les versants Nord de Jbel Layachi et du Jbel Masker (Bariteau et al ., 1999).

1.8.2. Aire d'introduction :

Le cèdre a été introduit en France (1862) du siècle dernier sur le mont Ventoux, dans le massif des Lubéron (Vaucluse) et du Rials esse (Aude). Il pourrait être installé dans d'autres régions comme Midi-Pyrénées – aquitaine – Poitou– Charente, pays de Loire, bourgogne, Rhône et Alpes (Arbez, 1987). Aussi le cèdre de l'Atlas a été introduit avec succès dans le Nord-Est des États-Unis où il prend une place de plus en plus importante dans les projets et à grande échelle dans certaines régions. Des introductions à titre expérimental ont été effectuées dans de nombreux pays dont la Hongrie, la Yougoslavie, l'Espagne, le Portugal, la Grande Bretagne et la Belgique (Harfouche et Nedjahi, 2003).

1.9. Association :

Les céderais de l'Afrique du Nord sont dans l'ensemble floristiquement assez homogène, mais une étude plus détaillée montre de nombreuses différences, partout le cèdre est plus ou moins associé au *Quercus ilex*, *Taxus baccata*, à des chênes à feuilles caduque, *Sorbus torminalis* et *Sorbus Aria*, *Rhamnus alpina*, *Crataegus laciniata*, *Cotoneaster fontanesi*, *Buscusa culeatus*, etc...Dans le grand Atlas oriental, le Rif et le houx manquent, chaque région (Rif, Moyen Atlas, Grand Atlas, Algérie) a ses endémiques et ses espèces reliques. Au Maroc, comme en Algérie, beaucoup de boisements de Genévrier thurifère sont d'anciennes cédraies d'où le cèdre a complètement disparu (Emberger, 1938).

1.10. Intérêt :

Dans le bassin méditerranéen, depuis plusieurs millénaires, le bois aromatique du cèdre est apprécié pour ses valeurs technologiques. Grâce à ces qualités remarquables, les populations riveraines des cédraies vivent directement de ces ressources (Zaremski et al., 2007).

Le cèdre de l'Atlas, est une essence qui a toujours suscité un grand intérêt en raison de ses nombreuses qualités forestières telles que son intérêt écologique, sa faible inflammabilité, sa croissance juvénile appréciable, sa tolérance face aux stress climatiques et son intérêt paysager et représente un intérêt économique important pour la production du bois noble de première qualité, au Maroc et notamment en moyen Atlas (Laaribya et Belghazi, 2016).

Le bois de cette essence est facile à travailler, résistant aux adversités, au parfum doux, très propre à la construction et capable de rivaliser avec d'autres bois nobles tel le sapin. Ces qualités lui confèrent une place de choix dans les projets de reconstitution, de création et de revalorisation des peuplements forestiers, particulièrement en régions méditerranéennes (Messoudene et al., 2004 in Rabhi et al., 2018). Le cèdre de l'Atlas représente la principale source du bois d'œuvre au Maroc (80 % de la production nationale) (El Azzouzi et Keller, 1998). Il peut être utilisé comme arbre d'ornement dans les parcs et les jardins publics, il peut également produire une huile essentielle aromatique. Ses valeurs bioécologiques et socio-économiques lui confèrent une importance internationale (Derak et al., 2008).

1.1. Ennemis :

Plusieurs facteurs font pression sur les cédraies. Les principaux sont les facteurs climatiques, écologiques et anthropiques. Ses ennemis naturels sont quelques-uns des insectes : qui s'attaque aux arbres affaiblis par aléas climatiques (gel, sécheresse...), mécanique (brise, chablis) ou pathologique (champignons et insectes....). Parmi les ennemis du cèdre (Anonyme, 1999 ; Masson, 2005) :

Epinotia Cedricida Diak : détruit totalement le feuillage ;

Cedrobium laportei Rem : provoque une chute d'aiguilles, le dessèchement des branches, de la cime et quelque fois la mort de l'arbre ;

Megastigmus suspectus : attaque les grains ;

Thaumetopoea pityocampa (figure 1.5) : peut occasionner des dégâts même dans les meilleures stations mais elle n'a pas pullulé gravement sur cette essence ;

Les mammifères et les oiseaux cités plus haut ;

Le dépérissement des arbres forestiers ;

Sans oublier le contaste de l'homme qui lui cause le plus de dégâts (les incendies, le Surpâturage, les coupes et le défrichement).



Figure.1.5. Chenille processionnaire du pin (photos prise le 25/03/2019).

Chapitre 2 :

*Dépérissement des arbres
forestiers*

2. Dépérissement des arbres forestiers :

Le dépérissement touche tous les types des arbres et se caractérise par des nécroses foliaires et par la chute des feuilles ou des aiguilles (Garrec, 1994). Les dépérissements sont des phénomènes complexes qui induisent de nombreuses interrogations chez les gestionnaires et les propriétaires. C'est un terme de symptomatologie montre une altération durable de l'aspect extérieur des arbres (mortalité d'organes pérennes, réduction de la qualité et la quantité du feuillage) et une réduction de la croissance (Delatour, 1990). Plusieurs chercheurs ont définis le dépérissement comme suit :

- Des phénomènes complexes causés par un ensemble de facteurs interagissant et se substitue d'une façon particulière, là où se montre la dégradation et graduelle de l'arbre, se terminant souvent par la mort de l'arbre. Cette détérioration se manifeste sur l'aspect visuel (branches mortes, déficit foliaire, coloration anormale...) et s'accompagne d'une réduction durable de la croissance radiale et en hauteur de l'arbre (Manion, 1981 *in* Landmann, 1994 ; Sergent et *al.*, 2013).

- Les maladies causées par un seul agent causal, qu'il soit biotique ou abiotique et relie par l'affaiblissement (Landmann, 1994).

- C'est un processus faisant intervenir de multiples causes qui agissent en synergie. Il se traduit pour l'arbre par une perte de vitalité et des mortalités d'organes pérennes avec un éclaircissement du houppier (Flot et *al.*, 2007).

- Des plusieurs études dendrochnologies, cartographiques, zoologique et éco-systémiques, considèrent le dépérissement par un phénomène complexe particulier par un déséquilibre d'alimentation en eau et substances minérales nutritives notamment le phosphore, le potassium et le magnésium (Derak et *al.*, 2008).

- Un taux de mortalité dans des arbres clairement plus élevé que le taux habituels est liée à la sécheresse et à la chaleur ce qui montre le dépérissement des forêts (Allen, 2009).

2.1. Dépérissement dans le monde :

Dès la fin des années 1970 en Allemagne et depuis 1983 dans l'Est de la France, la forêt donne des signes de mauvaise santé qui ont inspiré une certaine inquiétude dans l'opinion publique et les milieux professionnels (Bonneau, 1990). Plus de 200 cas de grands dépérissements touchant de quelques dizaines de milliers à plusieurs millions d'hectares ont été relatés au cours des 15 dernières années. L'Amérique du nord et l'Europe avec plus de 50 cas chacune sont les plus touchées, aucun continent et aucun type de forêt n'y échappe. Il peut s'agir soit de dépérissements massifs, d'un seul tenant, ou d'une mortalité plus insidieuse et diffuse mais sur de grandes surfaces (Vennetier, 2012).

En Australie, ce sont plusieurs centaines de milliers d'hectares d'Eucalyptus qui sont touchés ; essentiellement dans l'Est et le Sud du continent, les mortalités variant de 40 à 100% (Vennetier, 2012).

En Afrique, les cédraies de l'Atlas ont perdu entre 15% et 80% de leurs peuplements suivant un gradient sud nord, certains peuplements en limite du Sahara ayant même totalement disparu. Des fortes mortalités ont aussi été enregistrées dans les forêts claires et savanes arborées de la zone soudano sahélienne (Vennetier, 2012).

En Amérique du sud et centrale, des mortalités diffuses ont été enregistré à grande échelles dans les forêts de montagnes, comme les *Nothofagus* dans le nord de la Patagonie (Vennetier, 2012).

En France, Depuis 1989, le département de la Santé des Forêts surveille les principaux problèmes phytosanitaires sur le territoire forestier national à l'aide d'un réseau structuré de 240 observateurs. Ces observations ont montré que de nombreux cas de dépérissements ont été répertoriés sur diverses essences comme les forêts de pin sylvestre et de sapin du sud des Alpes (Nageleisen, 1993 ; Vennetier, 2012).

En Espagne, la situation est bien pire dans les montagnes du sud de l'Espagne, où des dizaines de milliers d'hectares sont morts. Plus généralement, la canicule de 2003 a directement conduit au dépérissement diffus de plusieurs millions d'arbres, et ses conséquences indirectes se faisaient encore sentir en 2010 dans certaines chênaies de plaines et pinèdes de montagne (Vennetier, 2012).

2.2. Dépérissement en Algérie :

En Algérie, le dépérissement du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) a affecté la majorité des cédraies avec des degrés variables (Abdelhamid et *al.*, 2017) la figure 2.1 montre ce phénomène. Il est observé au cours de la dernière décennie dans les massifs de l'Aurès et du Belezma et attribue par la majorité des chercheurs et gestionnaires forestiers à la sécheresse comme facteur principal. Deux autres vagues de forte mortalité ont été signalées en 1880 et en 1979 suite à des sécheresses intenses au niveau du Belezma qui est de l'ordre de 5 000 ha (Kherchouche et *al.*, 2013).

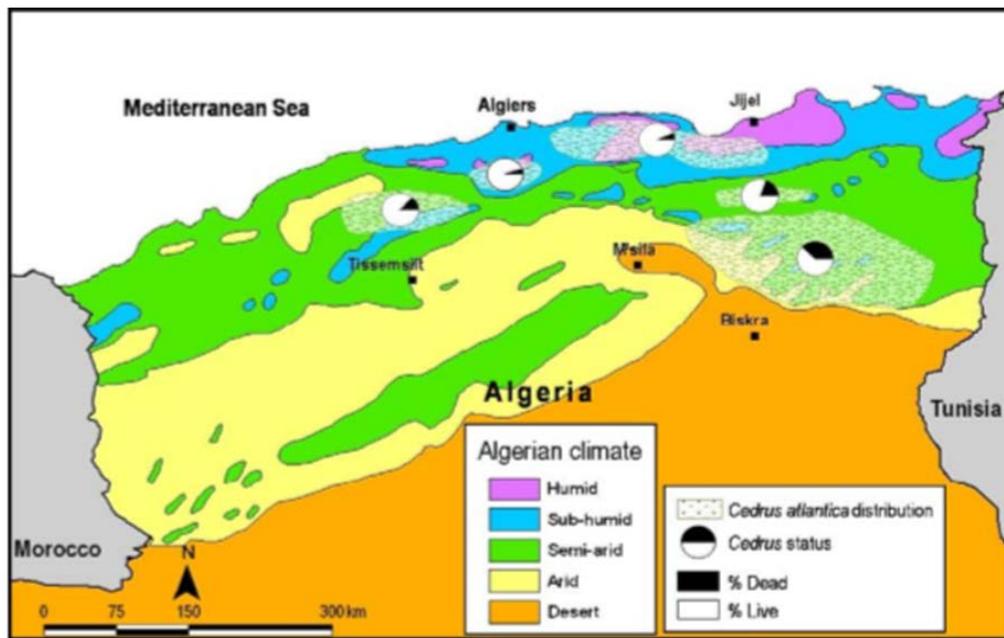


Figure 2.1 : Carte des étages climatiques du Nord Algérie et la distribution de la mortalité du cèdre de l'Atlas (Allen et *al.*, 2010).

2.3. Causes de dépérissement des arbres forestiers :

L'identification des causes du dépérissement a été et est toujours sujet de controverse. À l'heure actuelle, les chercheurs s'intéressent à ce phénomène mais ne se sont pas encore entendus sur la cause réelle (Gagnon et Roy, 1994). Différentes causes humaines et naturelles sont toujours associées dans les cas de dépérissement anciens des forêts. Dans la région méditerranéenne, le dépérissement est indéniablement d'origine anthropique et il est lié dans cette région aux extrêmes climatiques (canicules, sécheresses, grands froids), aux maladies et parasites (généralement insectes et champignons, mais parfois aussi virus ou bactéries), aux conditions de sol défavorables (trop pauvres, trop acides ou basiques, peu profonds, salins), aux pollutions (notamment ozone depuis quelques dizaines d'années, mais aussi pollutions acides, fluorées, soufrées), aux incendies et aux erreurs de gestions (trop fortes densités, mauvais choix d'espèces ou de provenances, homogénéisation des peuplements sur de grandes surfaces, etc...) (Vennetier, 2012).

Il est habituel de classer ces causes dans trois catégories selon Bonneau (1994) :

- **Facteurs prédisposant :** qui agissent depuis très longtemps sans pour autant altérer la santé des arbres, mais les soumettant à un stress plus ou moins permanent qu'ils surmontent, avec quelque réduction de productivité, tant qu'une autre cause n'intervient pas ;
- **Facteurs déclenchant :** qui interviennent brusquement avec intensité dont l'effet est aggravé par le stress permanent dû à un facteur prédisposant. Dans les Vosges, le

jaunissement de l'Épicéa et du Sapin lié à une insuffisance de nutrition magnésienne, s'est déclenché à la faveur d'années climatiques particulières ;

- **Facteurs aggravant** : qui amplifient les effets précédents ; ils peuvent être chroniques (mono spécificité des peuplements par exemple) ou instantanés (attaque parasitaire, tempête, restriction budgétaire n'ayant pas permis de prendre des mesures efficaces en temps).

2.4. Symptômes de dépérissement :

- *Au niveau de la cime* (Landmann ,1994) :

- modification de la structure du houppier : défauts de ramification. Croissance faible des rameaux. Chez les feuillus, apparence de feuilles disposées en rosettes ;
- micro-phyllie (feuilles ou aiguilles de petite taille) ;
- pertes d'aiguilles anciennes chez les résineux et pertes de rameaux, surtout chez certains Feuillus (d'où aggravation possible par des champignons parasites facultatifs) ;
- mort de portions de la couronne, conférant aux cimes une allure irrégulière ;
- descente de cime par développement de bourgeons dormants ;
- Jaunissements automnaux précoces ou liés à des carences minérales.

- *Au niveau racinaire* (Landmann ,1994) :

- dégénérescence fréquente des racines fines et mycorhizes ;
- baisse des réserves d'amidon.

- *La croissance* (Landmann ,1994) :

- réduction de la croissance de quelques années à plusieurs décennies avant l'apparition des symptômes visibles.

- *Caractéristiques spatio-temporelles* (Landmann ,1994) :

- dispersion au hasard (localement) des individus dépérissant ;
- persistance et aggravation des symptômes durant plusieurs années.

2.5. Types de symptômes :

Les différents types de symptômes avec leurs observations sur les houppiers des arbres dépéris (Nageleisen, 1993).

- Classe 0 : Absence de symptôme, houppier opaque et présence de ramification fine dense ;
- Classe 1 : Rameaux fins desséchés dans la périphérie du houppier et/ou Présence de « fenêtres disjointes » et/ou Rameaux en « fouet » ;

- Classe 2 : Branches desséchées dans le houppier, et/ou échancrures nettes dans le houppier et/ou Feuilles en « paquets » ;
- Classe 3 : Branches mortes composant plus de 50 % du houppier ;
- Classe 4 : Houppier mort et / ou Arbre mort.

2.6. Facteurs de dépérissement :

➤ **Climatique :**

Froid : constitue un facteur limitant majeur de la végétation forestière, d'une part, les différentes phases d'activité (débourrement, croissance, floraison, fructification et germination) ne peuvent s'accomplir qu'en conditions thermiques favorables et, d'autre part, les extrêmes de froid peuvent selon les cas entraîner la mort immédiate d'une partie ou de la totalité d'un arbre (Aussenac et Guehl, 1994)

Sécheresse : Le fonctionnement physiologique de l'arbre est fréquemment perturbé par des déficits hydriques limités mais ce sont les épisodes secs de longue durée qui entraînent le dépérissement et finalement la mort des arbres (Aussenac et Guehl, 1994).

Vent : les vents fréquents et forts affectent la physiologie et la morphologie des arbres par une transpiration accrue, diminution de la photosynthèse et la croissance et un houppier dissymétrique. Si la vitesse du vent est en permanence très importante, elle empêche la croissance des arbres (Aussenac et Guehl, 1994).

Neige : peut causer des dégâts considérables notamment dans les zones de basse altitude où ce phénomène est relativement peu fréquent et les arbres ne sont pas morphologiquement très adaptés à des chutes importantes (Aussenac et Guehl, 1994).

- **dynamique des peuplements** : dans l'histoire de la sylviculture .et plus généralement des forêts, reste incertaine, car ces aspects ont souvent été ignorés dans l'étude des dépérissements. Cependant, dans la plupart des situations où ces aspects ont été étudiés, leur rôle est apparu déterminant (Landmann ,1994).
- **L'âge de l'hôte** : L'âge de l'hôte est un facteur commun à de nombreux phénomènes de dépérissements. Ces derniers affectent le plus souvent préférentiellement des arbres physiologiquement adultes. D'une certaine façon, un dépérissement peut être considéré comme la première étape normale du renouvellement des peuplements (Landmann ,1994).
- **Pollution atmosphérique** : elle a une grande influence sur la santé des arbres forestiers (Landmann ,1994)

2.7. Recommandations :

Quelle que soit la cause exacte du dépérissement, il est lié cependant à (Macaire ,1984 ; Laaribya et Belghazi, 2016) :

- L'alimentation en eau de l'arbre ;
- L'installation d'un nouveau peuplement (régénération naturelle ou plantation) ;
- les accidents climatiques ;
- L'amélioration et conservation des arbres forestiers et la reconstitution des peuplements dégradés ;
- Opérations sylvicoles comme les éclaircies.

Partie expérimentale

Chapitre 03 :

*Présentation de la zone
d'étude*

3. Présentation de la zone d'étude :

La présente étude a été faite dans le parc national de Theniet El Had, dépendant administrativement de la wilaya de Tissemsilt et de la daïra de Theniet El Had (Nord-Ouest de l'Algérie) qui fait partie de la forêt domaniale de Djebel El Meddad, appelé forêt des cèdres gérée par le service des eaux et forêts. Le parc fut le premier espace protégé en Algérie par arrêté gouvernemental du 03 Aout 1923 sur une surface de 1563 ha. Après l'indépendance, le gouvernement algérien décide la sauvegarde de cette cédraie par décret n° 83-459, le 23 Juillet 1983 avec un statut de gestion scientifique, il s'étale sur une superficie de 3424 ha dont 2968 ha couverte de végétaux (87 %) à comprise entre intervalle altitudinale allant de 858 m à 1787m, 1026 ha de forêt et 2337 ha de maquis (FAO, 2000; Bessah, 2005 ; P.N.T.E.H, 2006).

3.1. Localisation :

Le Parc national de Theniet El Had est étalé à 02 km au Sud-Ouest de la ville de Theniet El Had la willaya de Tissemsilt, il fait partie du massif de l'OUARSENIS où il constitue la chaîne sud de l'Atlas tellien (P.N.T.E.H, 2012).

Le Parc se situe entre les coordonnées géographiques (P.N.T.E.H, 2012) :

- **35° 49' 41'' et 35° 54 '04'' de latitude Nord.**
- **01° 52' 45'' et 02° 02' 04'' de longitude Est.**

Le parc est l'unique cédraie occidentale de l'Algérie. Il est délimité au Nord par le chemin communal de Theniet El Had et El Hassania et à l'Ouest par Douar Benihayane comme montre la figure 3.1 (P.N.T.E.H, 2012).

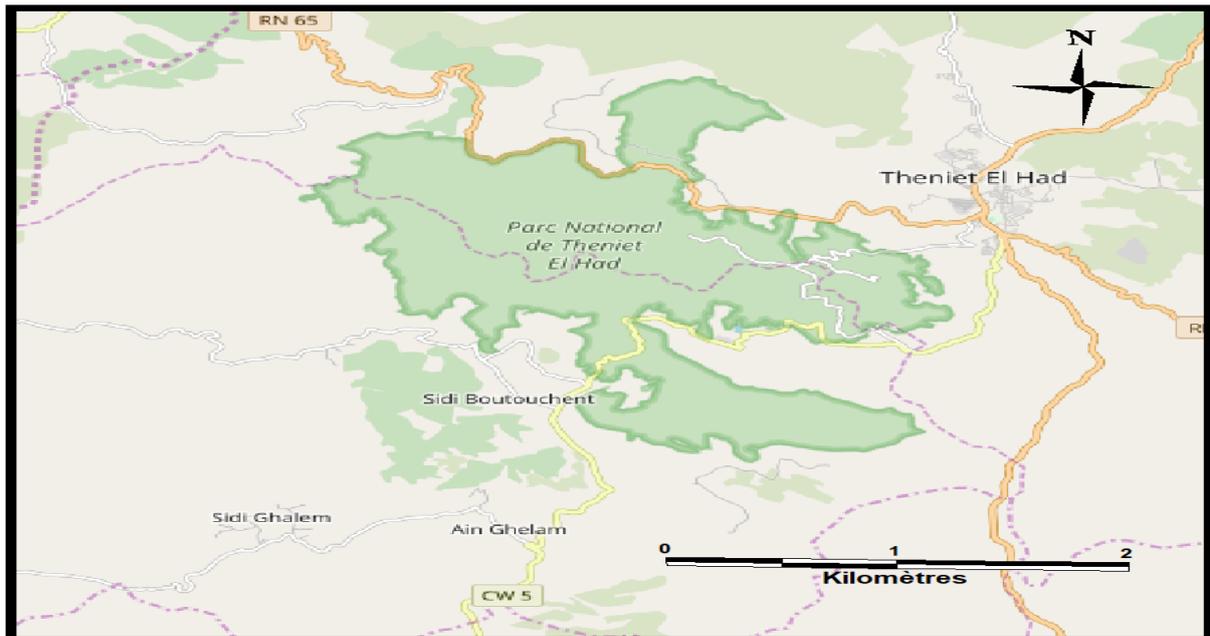


Figure 3.1 : Carte de localisation du parc national du Theniet el had (Google Earth pro, 2019).

3.2. Limite géographique et superficie :

Le parc national occupe une superficie de 3424 ha dont 2968 ha présentent des peuplements forestiers. Il présente trois versants (Zedek, 1993) :

- Le versant Nord : c'est le versant le plus froid et le plus humide, le cèdre occupe 2/3 du massif forestier ;
- Le versant sud : considéré comme une zone chaude et sèche donc il est le plus étalé aux risques des incendies à cause de l'abondance de l'association pyrophyllle à *Quercus suber*, le cèdre occupe 3/5 du massif ;
- Le versant Ouest : le cèdre est très rare au ce massif forestier.

La figure 3.2 montre les différentes expositions du parc national de Theniet El Had.

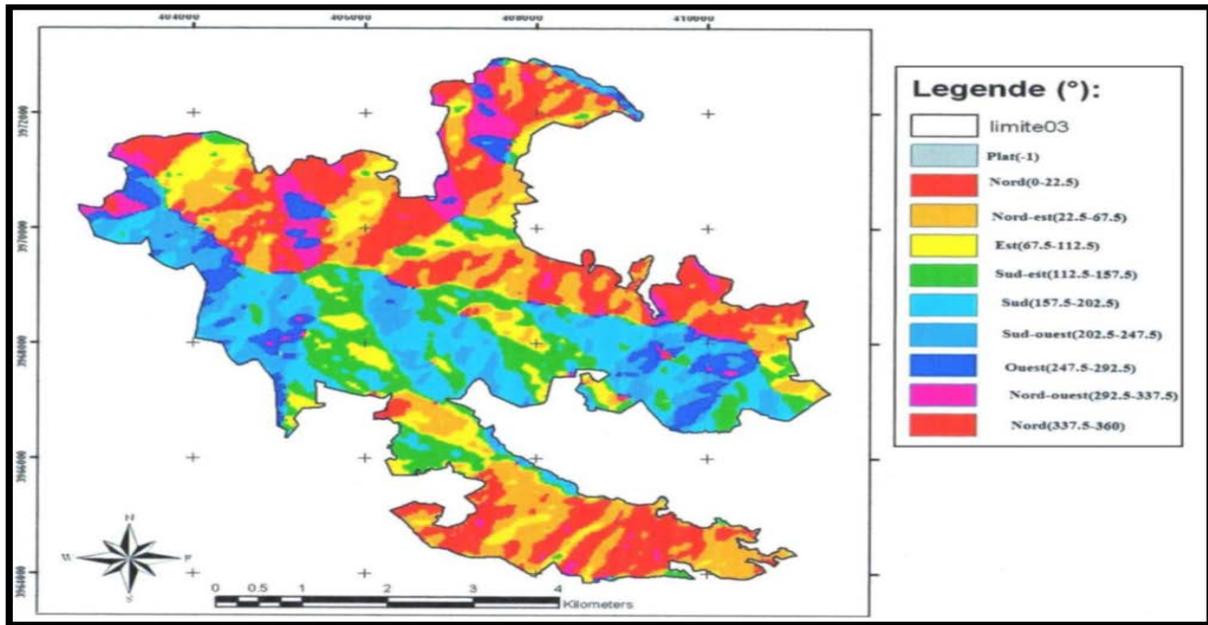


Figure 3.2 : Carte d'exposition dans le parc National de Theniet El Had (P.N.T.E.H, 2015).

D'après P.N.T.E.H. (2012), le parc subdivide en dizaine des cantons (Annexe 3.1) comme le montre la figure 3.3 :

- Canton Djouareb ;
- Canton Rond-point ;
- Canton Kef-Siga ;
- Canton Fersiouane ;
- Canton Guerouaou ;
- Canton Sidi Abdoun ;
- Canton Ourtène ;
- Canton pépinière ;
- Canton kef-sahchine ;
- Canton Pré-Benchohra ;

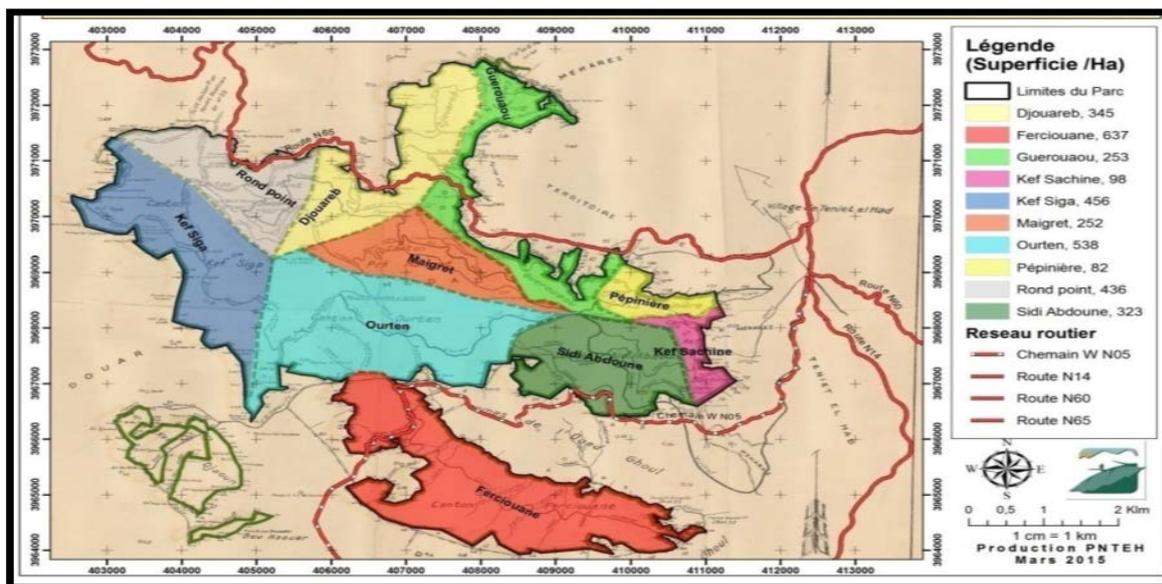


Figure 3.3 : Carte des cantons du parc national de Theniet El Had (P.N.T.E.H ,2015).

3.3. Importance du parc :

Le parc national de Theniet El Had représente une source forestière importante en Algérie, soumis à des régimes de protection pour sauvegarder les qualités exceptionnelles de la nature, en conciliant la protection intégrale de la flore, de la faune et des beautés naturelles avec l'utilisation pour objectifs éducatifs, récréatifs et scientifiques (P.N.T.E.H ,2012).

3.4. Climat :

La cédraie de Theniet El Had, est l'une des plus belles cédraies de l'Algérie. D'une altitude variant entre 1277 et 1786m, elle est soumise à l'étage bioclimatique humide et subhumide à hiver froid et par des hivers froids et humides et des étés chauds et secs (P.N.T.E.H, 2006 ; Taleb et *al.*, 2016).

La précipitation est un facteur influe sur la vie des plantes et le déterminisme des types de végétation annuelle, elle varie entre 580 mm et 868 mm par an. 5% seulement tombant entre juin et août, ce qui entraîne une sécheresse en fin d'été. La température minimale du mois le plus froid (janvier) varie entre -2,2 ° C et -0,6 ° C, et la température maximale du mois le plus chaud (juillet) varie entre 27,9 ° C et 32,7 ° C. La période la plus sèche dure de 3 à 4 mois, de mai à septembre avec la présence de trois variantes dépendant d'un gradient altitudinal (Sarmoum et *al.*, 2018):

- semi-aride (<1200 m) ;
- sub-humide (entre 1200 et 1500 m) ;
- humide (> 1500 m).

- ❖ **Neige** : La couverture neigeuse dure généralement 20 à 30 jours entre Novembre et Mars, dans la haute altitude du parc. La neige prolonge jusqu'au printemps et parfois même jusqu'à l'été, ce qui retarde la germination (Abdelhamid, 1999 ; Sarmoum et *al.*, 2018).
- ❖ **Gelées** : elles sont très fréquentes dans le parc surtout dans la période du Décembre – Avril de l'année (Taleb, 2017).
- ❖ **Vent** : est un facteur naturel écologique a une action directe ou indirecte sur la végétation, il est dominant dans la zone Nord-Ouest du parc (Taleb, 2017).

- ❖ **Humidité** : elle augmente pendant la nuit en compensant la perte d'eau en jour, cette humidité est enregistrée dans la cédraie en mois de Décembre à Mai et elle diminue progressivement (P.N.T.E.H, 2012).

Il y a un manque des données climatiques récentes dans la zone d'étude à cause de l'absence de poste météorologique dans la wilaya de Tissemsilt. Les dernières données climatiques enregistrées sont celle de Selzer (1946) durant la période 1913-1938 et les données du Sarmoum en (2008) mais les deux sont très anciens suite au changement climatique dans les dernières années.

3.5. Topographie :

La géologie de la cédraie est caractérisée par la présence de sédiments oligocènes composés d'une épaisse série de grès superposés à de fines couches d'argile et de marne (P.N.T.E.H, 2007).

- **Altitude** : elle varie entre 854m et 1787m et elle subdivise en deux versants (P.N.T.E.H, 2007) :
 - *- Versant Nord : il culmine à 1787 m (Ras El Braret) et descend jusqu'à 853 m au niveau du oued Mouilha dans le canton DJOUAREB ;
 - *- Versant Sud : une altitude supérieure qui est le pic à 1787 m et la limite inférieure est à 968 m représentant le bout aval de l'oued EL Ghoul appartenant au canton FERSIOUANE.
- **Pente** : Les deux versants du Djebel el Meddad forment une pente importante, les plus fortes sont de 40° d'inclinaison dans le versant Nord alors que le versant Sud ne représente que des pentes plus ou moins fortes (25° au maximum) (Abdelhamid, 1999 ; P.N.T.E.H, 2007).
- **Relief** : Le parc national de Theniet El Had est constitué par plusieurs reliefs et plusieurs formations rocheuses. Il existe deux caractères du relief dans le Parc (Abdelhamid, 1999 ; P.N.T.E.H, 2012) :
 - Le versant Nord intermittent de quelques cuvettes encaissées ;
 - Le versant Sud est d'une assez forte inclinaison.

3.6. Pédologie :

Le sol du parc national de Theniet El Had repose sur différents substrats (figure 3.4). Il est essentiellement à base de calcaire, de marne et de schistes dans les basses altitudes. La fraction centrale du parc est formée par sédiments oligocènes arborés en faciès "Numidien" de grès à couche épaisse (Abdelhamid, 1999).

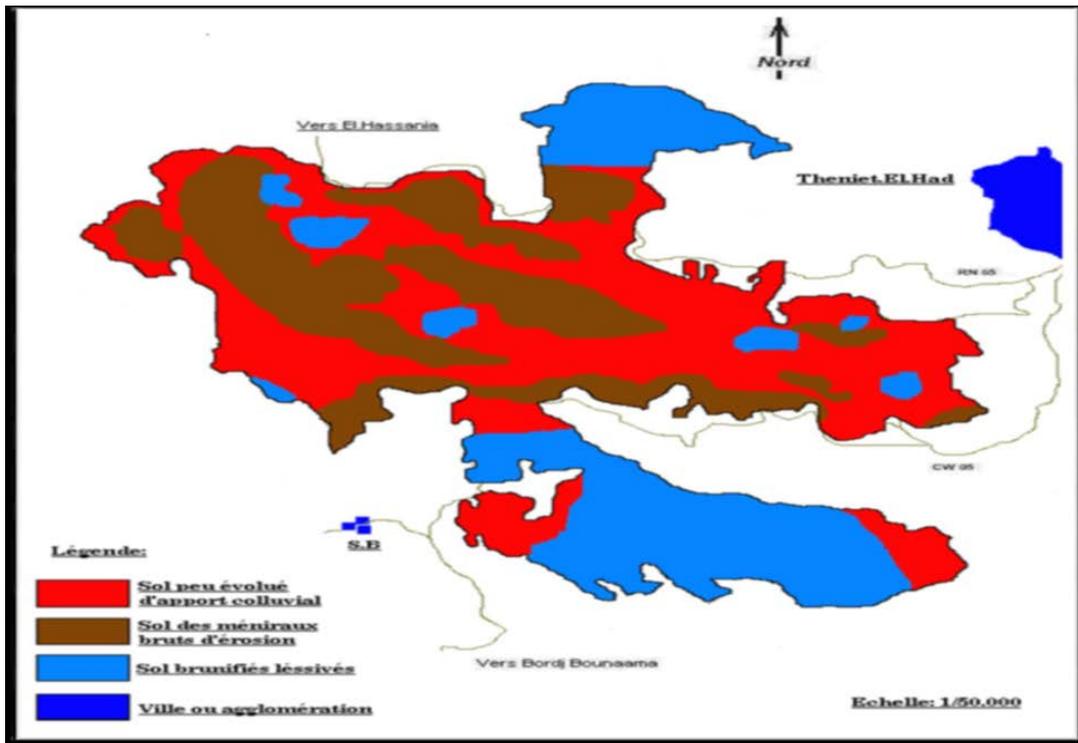


Figure 3.4 : Carte de structure pédologique du parc national de Theniet El Had (P.N.T.E.H, 2015).

3.7. Réseau hydrique :

Le parc national de Theniet El Had contient deux sources principales des oueds (P.N.T.E.H, 2015):

- Oued El Mouilha au Nord Est du parc ;
- Oued El Ghoul au Sud du parc.

Le réseau hydrique dans le parc sustenté par les eaux de la précipitation, les sources sont en nombre de sept, se répartissent à différents cantons comme le montre la figure 3.5 (Taleb, 2017) :

- Ain El Harhar \Longrightarrow Canton Rond-Point ;
- Djedj El Ma \Longrightarrow Canton Ourténe ;
- Toursout \Longrightarrow Canton Pré Benchohra ;
- plate -forme \Longrightarrow Canton Pépinière ;
- Ain Touila \Longrightarrow Canton sidi Abdoun ;
- Guiguel \Longrightarrow Canton Kef sachine ;
- Chragua \Longrightarrow Canton Guerouaou.

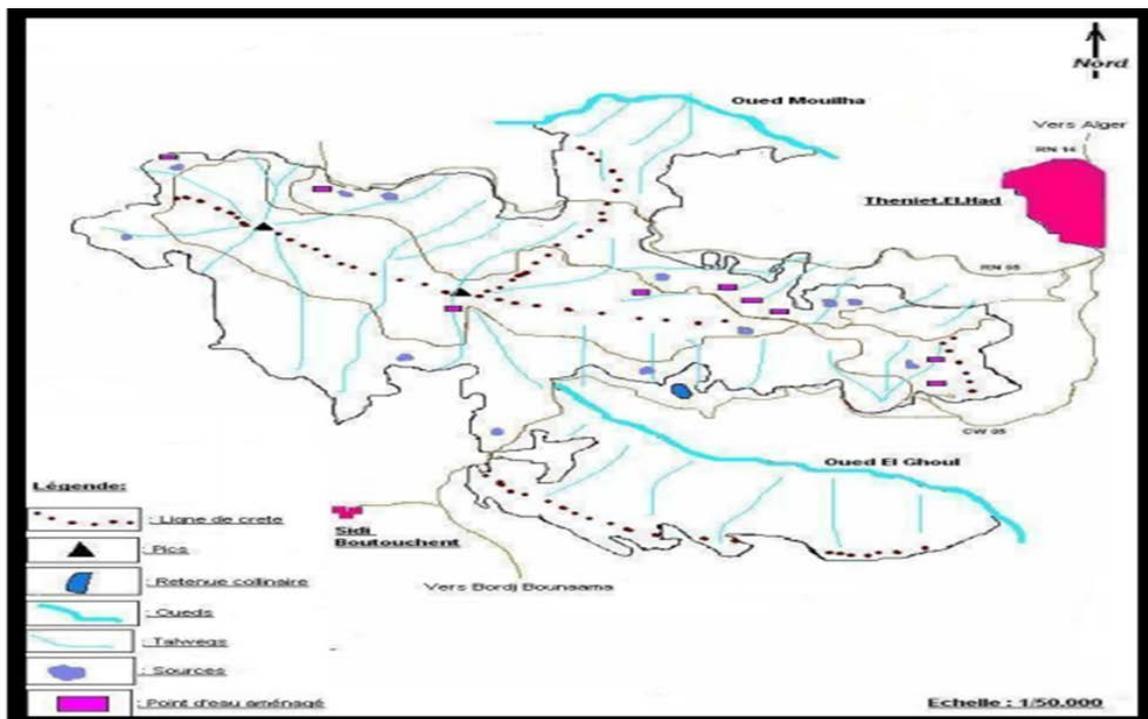


Figure 3.5 : Carte de réseau hydrique dans le parc national de Theniet El Had (P.N.T.E.H, 2015).

3.8. Flore :

Sur le plan phyto-écologie, Le massif de Djebel El Meddad appartient à la région méditerranéenne au secteur algérois, au sous-secteur de l'Atlas tellien sur 205 espèces floristiques dont 10 endémiques en Algérie. Le parc national de Theniet. El.Had renferme une diversité floristique impressionnante allant de la strate arborée jusqu'à la strate herbacée (Annexe 3.2) comme le montre la figure 3.6 (P.N.T.E.H, 2006 ; 2012).

- **La Cédraie** : elle se trouve essentiellement dans le versant Nord du parc national de Theniet El Had avec un recouvrement varie entre 70-80%, dans ce versant, le cèdre est en mélange avec le chêne vert (*Quercus ilex*) dans la partie inférieure et avec le chêne

zeen (*Quercus faginea*) dans la partie supérieure jusqu'aux crêtes, excepté le canton Pépinière où il est à l'état pur. Il est accompagné avec d'autres espèces buissonnantes (*Crataegus monogyna*, *Prunus avium*, *Juniperus oxycedrus*, *Rosa canina*, *Rubus ulmifolius*,...). Sur le versant Sud, le recouvrement de cette essence est de l'ordre de 60-70% avec un sous-bois assez dense de *Calycotum spinosa*, *Genista tricuspidata*, *Cistus salvifolius*. Dans ce versant, le cèdre se trouve en mélange avec le chêne zeen et laisse la place au chêne vert avec le chêne liège jusqu'au canton Fersiouane où également il se trouve du pistachier et du frêne (P.E.T.E.H.2012) ;

- **L'yeusaie** : Une dominance des formations buissonnantes et épineuses, avec un faible degré de recouvrement, le sous-bois est composé surtout de *Calycotum spinosa*, *Ampelodesma mauritanica*, *Scilla bulbosa*, *Genistas corpius*, *Lavandula stoeckas* (P.E.T.E.H.2012) ;
- **La Subéraie** : Le recouvrement des arbres varie entre 60-70%. Elle se représente à l'état de taillis en mélange avec quelques espèces comme *Quecus ilex*, *Calycotum*, *Genista tricuspidata*, *Rosa canina*, *Juniperus oxycedrus*, *Crataegus monogyna* et *laciniata*, (P.E.T.E.H.2012) ;
- **La Zeenaie** : 25% de la zeenaie est répandu en forme de futaie en exposition Nord, les 50% restent en exposition Sud au stade de gaulis ou perchis. Le peuplement pur de chêne zeen est rare, soit il est en mélange avec le cèdre surtout sur le versant Nord ou avec le Chêne afares sur le versant Sud (P.E.T.E.H.2012).

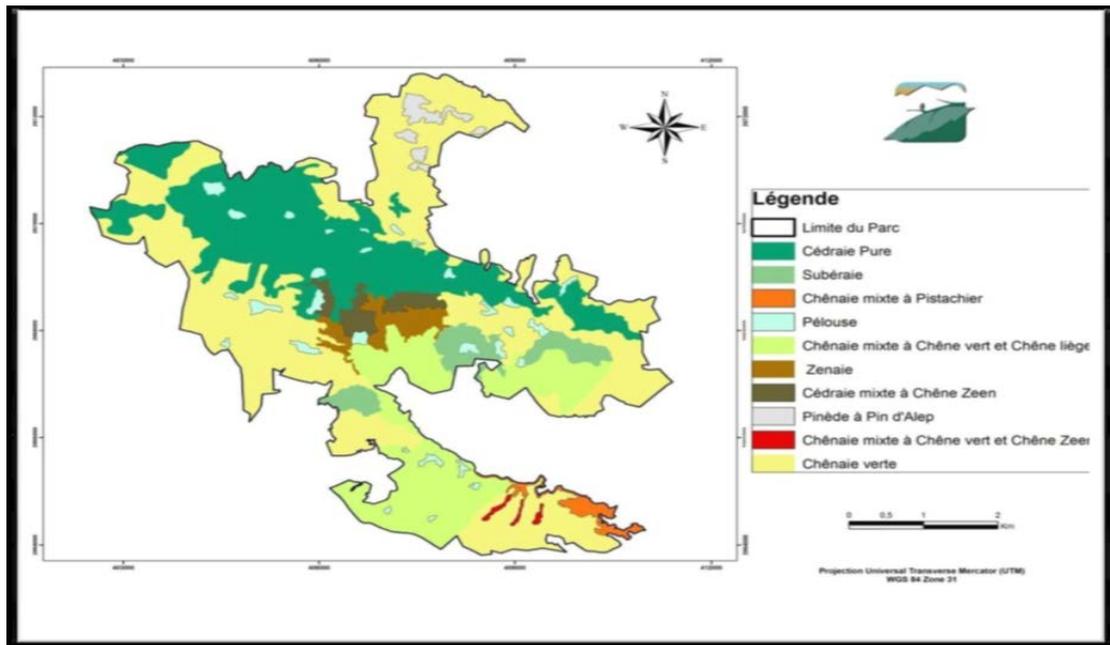


Figure 3.6 : Carte de la végétation dans le parc National de Theniet El Had (P.N.T.E.H, 2015).

3.9. Faune :

D'une grande richesse patrimoniale, la faune du parc national reste la moins étudiée et la moins explorée par rapport la flore. Elle est de nombre de 110 espèces dont 17 taxons sont des mammifères et 93 espèces des oiseaux dont 25 sont protégées (P.E.T.E.H.2006).

De point de vue distribution, les espèces en place sont présentées d'une façon homogène dans les différentes strates de formations végétales. Le lynx et le porc épic sont rares et menacés. Quelques espèces comme le lièvre, le lapin des garennes sont en état stationnaire (P.E.T.E.H.2012).

3.10. Actions anthropiques :

Le parc national de Theniet El Had est exposé à des actions naturelles (catastrophes naturelles telles que l'érosion et les incendies) et à des actions anthropiques ciblent directement sur la faune et la flore.

Le versant sud de la cédraie de Theniet El Had considéré comme une zone chaude et sèche ce qui provoque les incendies, résultat à la suite de son exposition au vent chaud durant la période 1995-2004 (périodes sèche) les incendies recensés une superficie de 100 ha du parc (Zedek,1993).

Durant la période de 2001-2005 l'administration forestière du parc a noté 380 tiges ayant fait l'objet de coupes illicites (Taleb, 2017). Le parc soumis aussi aux autres actions anthropiques comme le surpâturage et le tourisme (figure 3.7).



Pollution

Coupe illicite

Feu

Figure 3.7 : Actions anthropique dans le parc national de Theniet El Had (photo prise le 25/03/2019)

3.11. Canton d'étude :

Notre étude a été réalisée au niveau du canton PEPINIERE qui occupe une superficie de 82 ha, il se trouve dans le versant Nord du parc national de Theniet El Had avec une altitude moyenne de 1460 m, une pente de 25 à 50 %, un type de sol minéraux brute de groupe d'érosion et d'une végétation composé de *Cedrus atlantica* (50% qui égale 43.3ha), *Quercus*

ilex (40% qui égale 36ha), *Quercus faginea* (10% qui égale 0.8ha) et une formation rocheuse de 3.8 ha, le canton d'étude est limité au Nord par la ville de Theniet El Had et en l'Ouest par le canton Guerouaou, et par l'Est le canton Kef sachine et en sud par le canton Sidi Abdoun (figure 3.8) (P.N.T.E.H, 2012). Le canton PEPINIERE se caractérise par (Zedek, 1993) :

- l'absence de chêne zeen dans tout le canton à l'exception de quelque pied à la partie sud-Est du canton ;
- quelque rejets des brins de chêne vert se rencontrent avec le peuplement de cèdre ;
- la fructification et une régénération de cèdre abondante ;
- une meilleure croissance des tiges de cèdre.

Le canton PEPINIERE souffre des actions anthropiques remarquables comme le tourisme et le surpâturage.

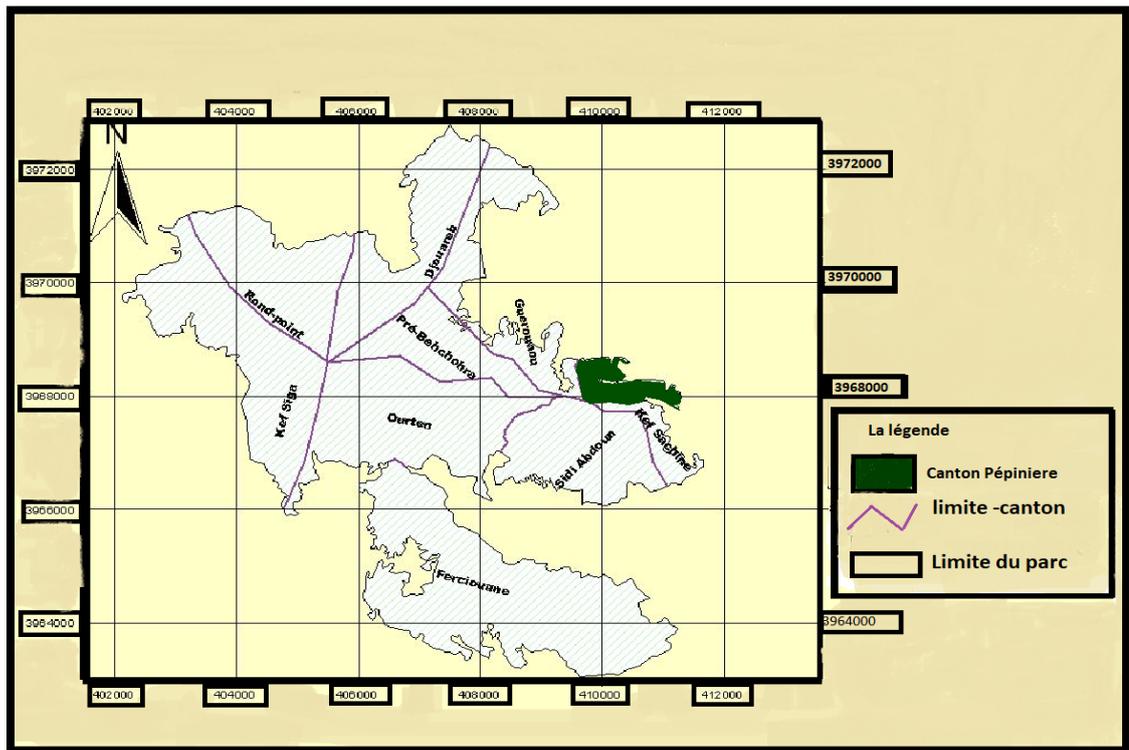


Figure.3.8 : Délimitation de la zone d'étude (P.N.T.E.H ,2018).

Chapitre 04 :

Matériels et méthodes

4. Matériels et méthodes :

Cette étude vise à évaluer et connaître l'état actuel et sanitaire des arbres dépéris et dépérissant du cèdre de l'Atlas dans le canton PEPINIERE du parc national de Theniet el Had. En effet, nous avons recensé 37 arbres dépéris et dépérissant.

4.1. Echantillonnage :

L'échantillonnage est une technique indispensable utilisée pour des raisons économiques, il vise à évaluer l'état actuel et la dynamique de la végétation, car les populations à inventorier sont généralement trop vastes pour pouvoir être entièrement dénombrées, qu'elles soient composées d'arbre. Comme dans la plupart des cas, la population étudiée est trop importante pour qu'un dénombrement exhaustif ou des mesures complètes soient possibles (FAO, 1981 ; Thiombiano et *al.*, 2016).

L'inventaire forestier est défini comme l'ensemble des activités permettant d'obtenir pour une population forestière donnée des informations quantitatives ou qualitatives sur une ou plusieurs fonctions de la forêt. La notion d'inventaire forestier n'est pas liée à la fonction de production ligneuse seulement, mais elle présente un des domaines fondamentaux de l'aménagement des forêts et elle fournit une partie importante des informations nécessaires à la gestion forestière. Les résultats obtenus par l'inventaire forestier sont utilisés pour la planification des exploitations, à la sylviculture, à l'économie forestière, à la politique forestière, au génie forestier et jouent un rôle de plus en plus important en aménagement du territoire et dans la protection de l'environnement (Schilaepfer, 1985).

4.1.1. Echantillonnage pied par pied :

Les types d'inventaires forestiers sont nombreux. Ils se différencient par l'information recherchée, la manière de recueillir les informations, l'unité spatiale de l'interprétation et la technique d'échantillonnage utilisée. Pour prendre une décision raisonnable, il est indispensable, au niveau de la planification de bien connaître les objectifs à atteindre (Schilaepfer, 1985).

Avec l'introduction d'une foresterie planifiée au 15^{ème} et 16^{ème} siècle en Europe, le premier inventaire qui a été faite c'est l'inventaire pied par pied qui permet de représenter les essences et leurs diamètres et qu'il consiste à inventorier tous les arbres de l'unité de gestion considérée (Muller, 1995).

Inventaires pied par pied est la méthode la plus classique de collecte des données nécessaires par un principe de parcourir la totalité de la forêt en mesurant la grosseur de tous les arbres réparti par essences (Rondeux ,1993)

L'inventaire pied à pied, fastidieux mais précis sur de petites surfaces, il ne permet cependant pas, à moins que les unités d'inventaire soient très petites, de retrouver ultérieurement des zones intéressantes soit pour l'exploitation, soit pour des interventions sylvicoles (Aubry et *al.*, 1990)

4.2. Donnés récoltées :

Dans le cadre d'une étude de l'état sanitaire du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) dans le canton PEPINIERE du versant Nord du parc national du Theniet El Had, nous avons dénombré 37 arbres dépéris et dépérissants comme le montre la figure 4.1(Annexe 4.1). En effet, pour chaque tige recensée, nous avons fait des mesures dendrométriques, des observations symptomatologiques de dépérissement et des facteurs stationnels ont été prélevés.



Figure 4.1 : Echantillonnage pied par pied des arbres dépéris et dépérissants dans le canton PEPENIERE (Google Earth pro, 2019)

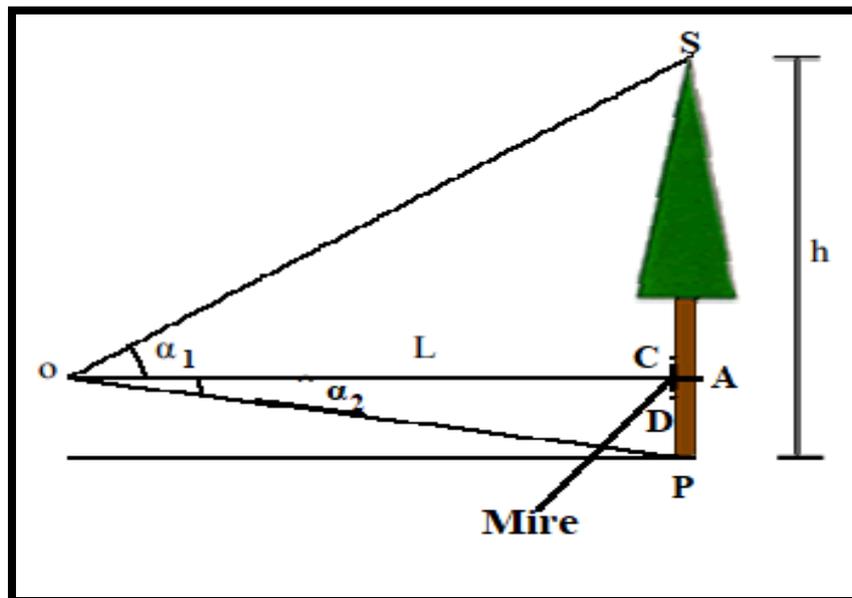
4.2.1 Mesures dendrométriques :

Les mesures dendrométriques fait objet pour chaque arbre dépéris et dépérissant sont la hauteur totale et la circonférence à 1.30m.

✓ **Hauteur totale :**

La hauteur est la caractéristique la plus importante à mesurer ou à estimer en vue de déterminer le volume ou divers paramètres de forme. Elle joue aussi un rôle essentiel dans la caractérisation de la productivité des stations forestières (Rondeux, 1993).

La hauteur totale d'un arbre est la longueur de la ligne droite joignant le pied de l'arbre à l'extrémité du bourgeon terminal de la tige (figure 4.1) (Cailliez, 1980 ; Massenet, 2011).



h : hauteur totale de l'arbre .

α_1 : angle de visée vers le sommet de l'arbre .

A : l'arbre à 1.30m.

D : voyants inferieure.

P : pieds d'arbre.

L : distance séparant l'opérateur de l'arbre.

α_2 : angle de visée vers le pied de l'arbre.

C : voyants supérieure.

S : la cime d'arbre.

O : opérateur.

Figure 4.2 : Mesure des hauteurs totales à l'aide du dendromètre Blum-leiss (Marchal et Rondeux, 1995)

✓ **Circonférence à 1.30m :**

La circonférence est un paramètre dendrométrique très important, elle est mesurée à 1.30 m (hauteurs de l'homme) à l'aide d'un mètre ruban (Rondeux, 1993 ; Massenet, 2006).

D'après Rondeux (1993), il y'a des particularités des mesures de circonférence à 1.30m comme le montre la figure 4.2.

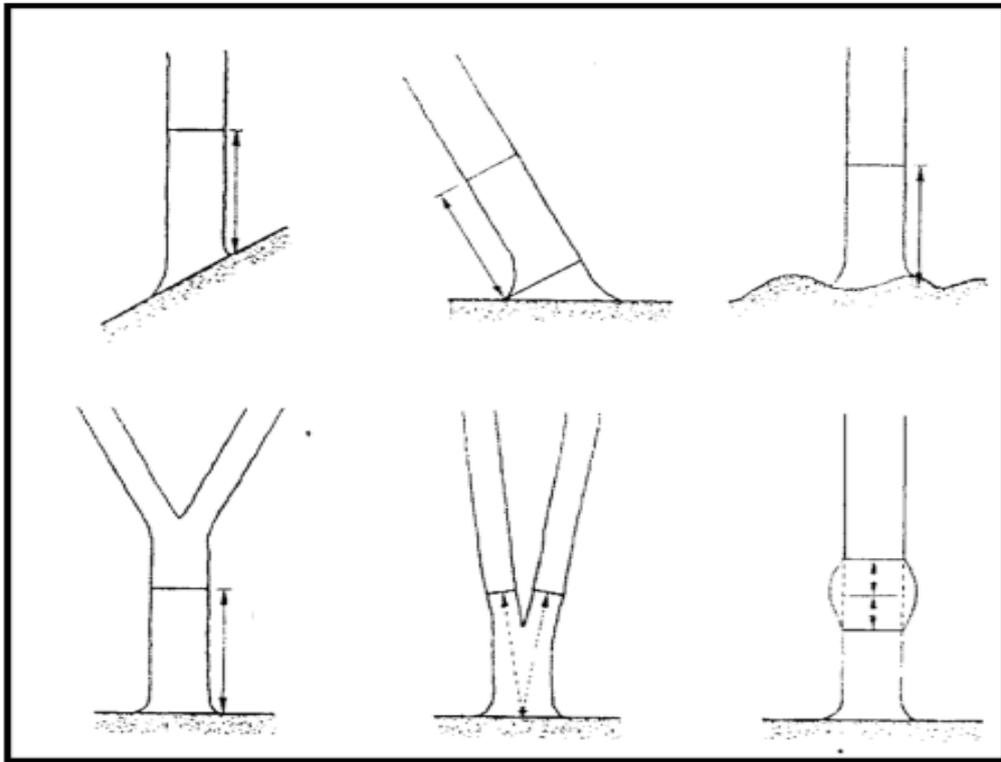


Figure 4.3 : Particularités des mesures de circonférence à 1.30m (Rondeux, 1993).

4.2.2. Données stationnelles :

Les données stationnelles permettent de découvrir les conditions de milieux des arbres. Les données stationnelles récoltées sur terrain sont : *l'altitude*, la *pente*, *l'exposition* et le *microrelief*.

- L'altitude est la distance verticale qui existe sur la terre par rapport au niveau moyen de la mer, il est mesuré à l'aide de GPS (figure 4.3) ;
- La pente s'exprime en degré et mesurée à l'aide du Blum-Leiss ;
- L'exposition permet à indiquer l'orientation Nord, Ouest, Este ou Sud et mesurée à l'aide de la boussole ;
- Le microrelief identifié à l'œil nu : concave, Convexe ou intermédiaire.



Figure 4.4 : Matériels utilisés.

4.2.3. Données symptomatologiques de dépérissement :

Le dépérissement est un processus faisant intervenir de multiples causes qui agissent en synergie. Il se traduit pour l'arbre par des symptômes peut observer par une perte de vitalité et des mortalités d'organes pérennes alors un éclaircissement du houppier ou autre conséquence d'une réduction de la masse foliaire. D'autres symptômes plus spécifiques peuvent apparaître selon les facteurs en cause (Nageleisen, 2005).

Les cinq classes de dépérissement du cèdre de l'Atlas ont été enregistrées dans le tableau 4.1 d'après les études de Bernard, (2017) et de Nageleisen, (1994) :

Tableau 4.1 : Classes du dépérissement dans le canton PEPINIERE.

Classes	Pourcentage	Nombre d'arbre	Degré de dépérissement
0	0 - 10%	0	Arbre sain
1	10 - 50%	1	Légère
2	50 - 60%	1	Modéré
3	60 - 80%	2	Grave à très grave
4	100%	33	Arbre mort sur pied

4.2.3.1. Indice de dépérissement :

L'indice de dépérissement est basé sur la densité de feuilles et le taux de mortalité d'organes pérennes (rameau, branche). Il est calculé par la formule suivante (Bouvarel, 1984 ; Nageleisen et al., 2017) :

$$ID = \frac{(n1.P1) + (n2.P2) + (n3.P3) + (n4.P4) + (n5.P5)}{N}$$

Avec :

n1, n2... n5 : nombre d'arbres notés dans la classe de note 1, 2...5 ;

P1, P2... P5 : poids de cette note ;

N : nombre d'arbres de l'espèce.

Les classes de notes 1,2...5 sont enregistrées dans le tableau 4.2.

Tableau 4.2 : Observations du poids des arbres dépéris (Bouvarel, 1984).

<i>Perte d'aiguilles</i>	Notes
<i>Perte d'aiguilles dans la cime</i>	10 à 19 % ; Note 2 (Poids 1).
<i>Perte d'aiguilles dans la cime</i>	20 à 59 % ; Note 3 (Poids 3).
<i>Perte d'aiguilles dans la cime</i>	60 à 99 % ; Note 4 (Poids 4).
<i>Perte d'aiguilles dans la cime</i>	100 % ; Note 5 (Poids 5).

L'indice de dépérissement subdivise en quatre niveaux qui sont représentés dans le tableau 4.3.

Tableau 4.3 : Différents niveaux de l'indice de dépérissement (Bouvarel, 1984).

Intervalle de l'indice de dépérissement	Catégories de dépérissement
ID < 1	L'indice de dépérissement est douteux.
1 < ID < 2	Début de dépérissement
2 < ID < 3	Dépérissement grave
ID > 3	Dépérissement très grave

Chapitre 05 :

Résultats et discussion

5. Résultats et discussion :

5.1. Etude symptomatologique :

Les symptômes de dépérissement du cèdre de l'Atlas commencent par un dessèchement de la cime engendrant un jaunissement et une chute des aiguilles de l'arbre qui descend progressivement vers le bas. Les arbres concernés présentent des signes d'affaiblissement au niveau des rameaux (Bentouati, 2008).

D'après le classement de Bernard (2017) et Nageleisen et *al.* (2017) des classes de dépérissement, nous avons distingué cinq classes au niveau de notre zone d'étude :

➤ **Classe 0**

L'arbre sain, absence de symptômes, les ramifications fines très abondantes avec un houppier de bonne forme ce qui montre la figure 5.1.



Figure 5.1 : cèdre de l'Atlas sain (classe 0)
(Photo prise le 25/03/2019)

➤ **Classe 01** :

Arbre est légèrement dépérissant (figure 5.2), rameaux fins desséchés dans la périphérie du houppier et présence de fenêtres disjointes ou quelques branches mortes et transparence légère à modérée liée à une perte de ramifications fines légères.

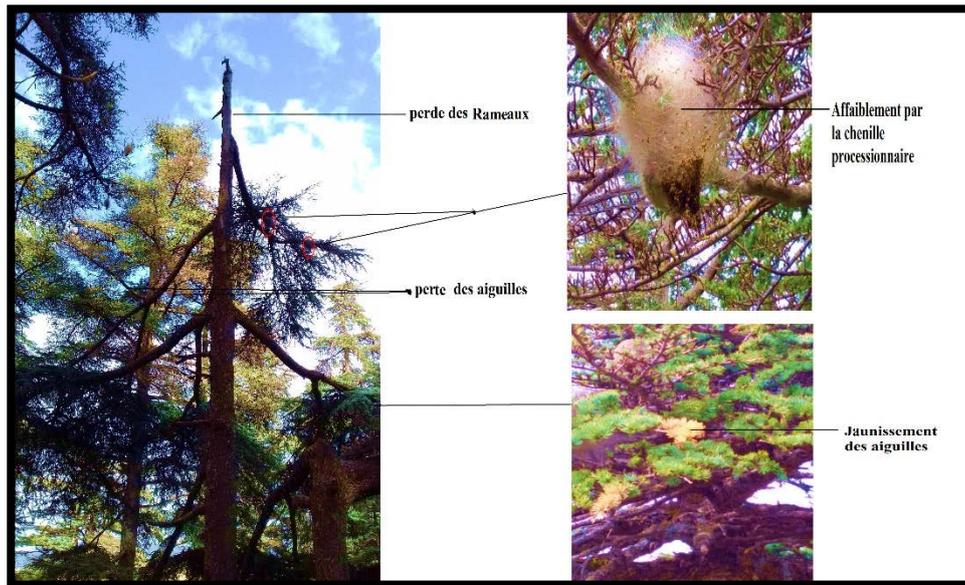


Figure 5.2 : Arbre de cèdre de l'Atlas dépérissant 10% (Classe 01) (Photo prise le 25/03/2019).

➤ **Classe 02 :**

Arbre modérément dépérissant, branches desséchées (figure 5.3), les fissures nettes dans le houppier et ou les aiguilles en paquets, ou transparence moyenne à forte liée à une perte assez forte de ramifications fines (<50%), et une Visualisation partielle du squelette de l'arbre.

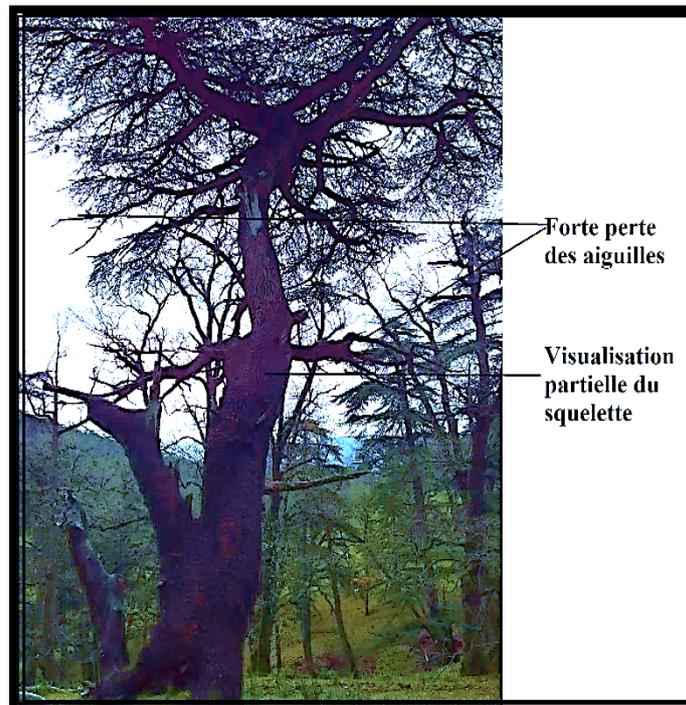


Figure 5.3 : Arbre du cèdre de l'Atlas modérément dépérissant (Classe 02) (Photo prise le 25/03/2019).

➤ Classe 03 :

Branches mortes composant plus de 75% du houppier et ou disparition de plus de 75% de la ramification. Visualisation totale du squelette du houppier (figure 5.4).

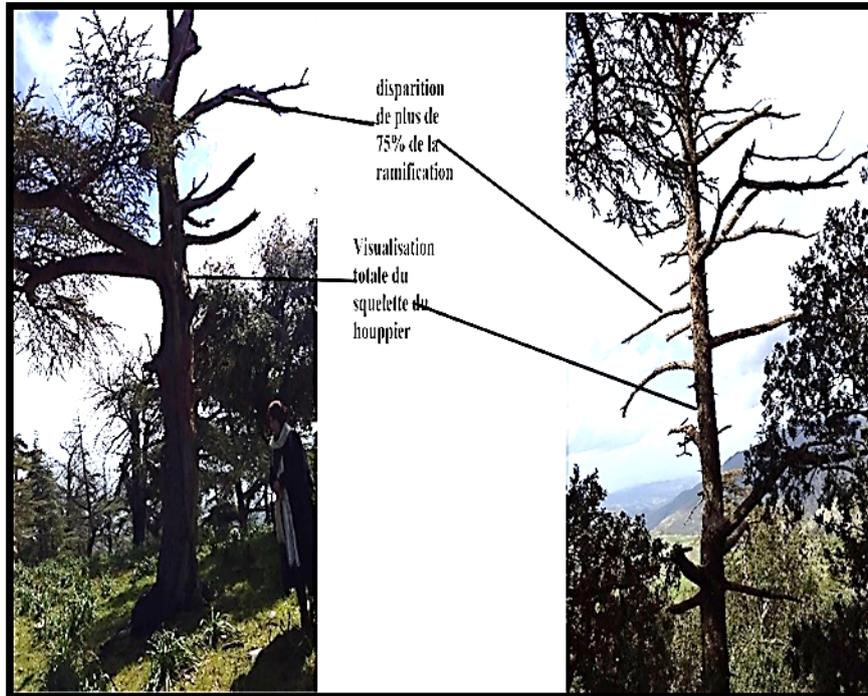


Figure 5.4 : Arbre du cèdre de l'Atlas dépérissant de 60-75% (classe 03) (Photo prise le 25/03/2019).

➤ Classe 04 :

Houppier mort, Arbre mort ou moribond avec détachement de l'écorce (figure 5.5)

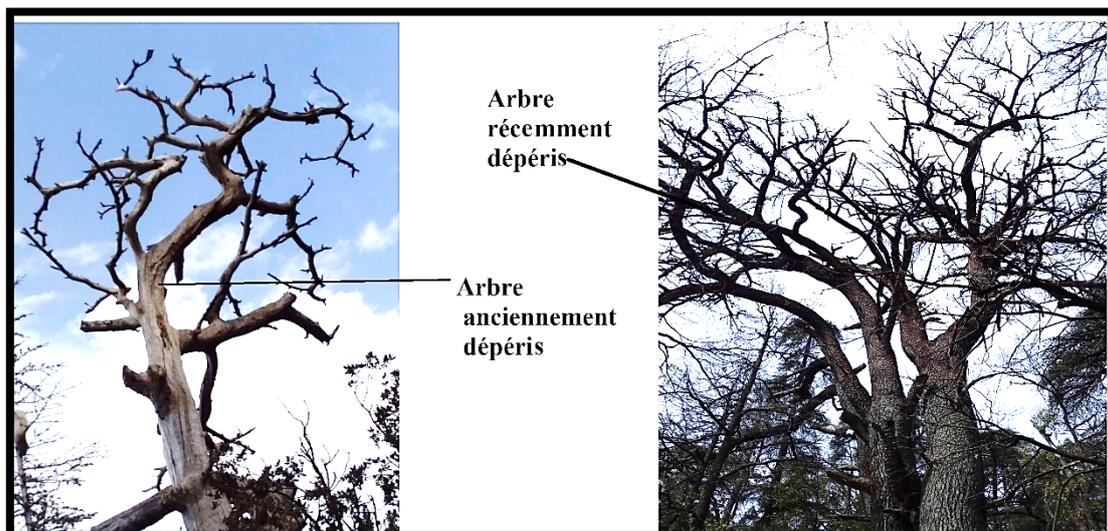


Figure 5.5 : Arbre du cèdre de l'Atlas dépéris à 100% (classe 04) (Photo prise le 25/03/2019).

5.2. Indice de dépérissement :

L'indice de dépérissement ou l'indice sanitaire est une expression mathématique basée sur l'évaluation de la défoliation foliaire visible des tiges, car cette dernière est un signe de dépérissement de l'arbre (Bouvarel, 1984).

Selon les résultats obtenus par un échantillonnage pied par pieds dans le canton d'étude sur 37 arbres dépéris et dépérissant et sur la base de l'indice de dépérissement nous avons distingué quatre niveaux d'indice sanitaire de dépérissement du *Cedrus atlantica* qui sont les suivants :

- Classe 1 « **Début de dépérissement** » : contient seulement un arbre dépérissant soit 2.70% ;
- Classe 2 « **Dépérissement grave** » : contient un arbre dépérissant soit 2.70% ;
- Classe 3 « **Deperissement très grave** » : contient deux arbres dépérissants soit 5.41 % ;
- Classe 4 « **Arbre mort ou dépéris** » : contient 33 arbres dépéris soit 89.19%.

D'après la figure 5.6 nous observons que l'indice sanitaire de dépérissement des arbres recensés dans le canton PEPINIERE dépasse 89 % ce qui signifie que la majorité des arbres sont complètement dépéris. Ces résultats sont confirmés par ceux de Taleb (2017), qui a trouvé que 50% des tiges recensées présentent un dépérissement très grave .

Sur la base de la loi de l'indice de dépérissement de Bouvarel (1984), la moyenne totale dans le canton d'étude d'indice sanitaire est égale 4.78.

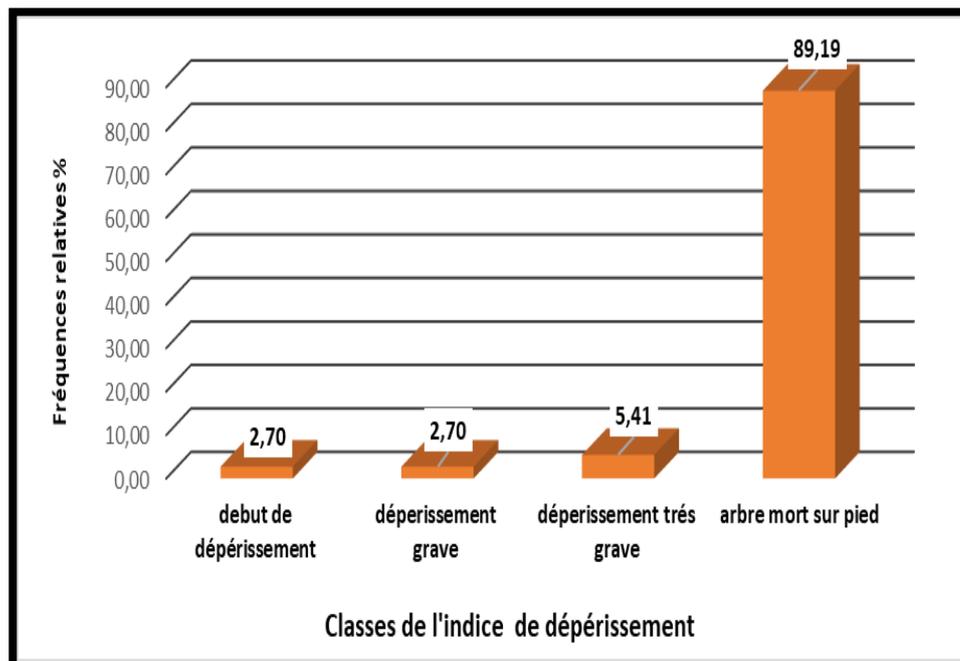


Figure 5.6 : Distribution en fréquence relative des niveaux des classes de l'indice de dépérissement dans le canton PEPINIERE.

5.3. Facteurs stationnels :

Une station est une étendue de terrain de superficie variable et dont les conditions écologiques sont homogènes (Zedek, 1993). Les facteurs stationnels agissent directement sur la croissance et le développement des arbres (Bouazza, 2011). Pour mieux comprendre l'état sanitaire de dépérissement du cèdre de l'Atlas dans le canton PEPINIERE nous avons fait une description stationnelles des facteurs suivants : *Pente, exposition, microrelief et altitude* (Annexe 5.1).

5.3.1. Pente :

Généralement dans le versant nord du parc national de Theniet El Had la pente peut dépasser 40° d'inclinaison mais exception faite du canton PEPINIERE où la pente est d'une grandeur moyenne de 15° (Zedek, 1993).

La figure 5.7 représente la répartition en % des classes de la pente du terrain des arbres dépéris et dépérissant dans le canton d'étude. Nous avons enregistré trois classes de pentes :

- *Classe 1 « 0 à 10° »* : renferme 17 arbres dépéris et dépérissants soit 46 % ;
- *Classe 2 « 10 à 20° »* : referme 15 arbres dépéris et dépérissants soit 41% ;
- *Classe 3 « 20 à 30° »* : referme 5 arbres dépéris et dépérissants soit 13%.

Nous remarquons à travers la figure 5.7 que 46% des arbres dépéris et dépérissants s'installent sur des terrains de faible pente qui varie entre (0-10°). Ainsi, 41% des arbres dépéris se situent dans des terrains moyennement accidentés (soit 10-20°).

D'autre part, le pourcentage le plus faible soit 13% des arbres dépéris et dépérissant se trouve sur des terrains strictement accidentés où les valeurs de pente varient entre 20 et 30°. Ces résultats nous permettent de dire que le dépérissement est signalé dans toutes les classes de pentes et il est très fréquent sur les terrains de faible pente.

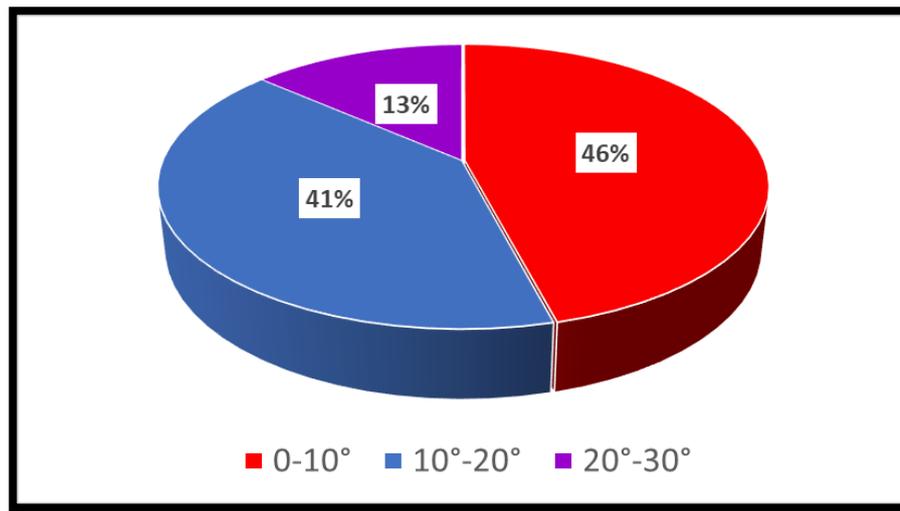


Figure 5.7 : Répartition en % des classes de pente.

5.3.2. Exposition :

La cédraie de Theniet El Had présente globalement deux expositions distinctes : Nord et sud. Les expositions N et NW caractérisent des stations fraîches et humides, sont des strates écologiques favorables à la croissance du cèdre (Zedek, 1993).

Le canton d'étude se trouve dans le versant Nord du parc national da Theniet El Had où les arbres dépéris et dépérissants se répartissent en trois strates d'exposition qui sont les suivantes :

- Exposition « N » : englobe 1 arbre dépéris, soit une fréquence relative de 2.7% ;
- Exposition « NE » : englobe 17 arbres dépéris et dépérissants, soit une fréquence relative de 44.95% ;
- Exposition « NW » : englobe 19 arbres dépéris et dépérissants, soit une fréquence relative de 51.35 %.

Nous observons à travers la figure 5.8 que les arbres dépéris et dépérissants se trouvent principalement dans l'exposition Nord-ouest du canton PEPINIÈRE avec un pourcentage de 51%, cette exposition est très humide et favorable au développement du cèdre, ce qui signifié que le dépérissement n'a aucune relation avec l'exposition dans le canton PEPINIÈRE. D'après les résultats de Bentouati (2008), le dépérissement est accentué surtout dans les zones sud soumises aux influences sahariennes de la forêt de Ouled Yakoub.

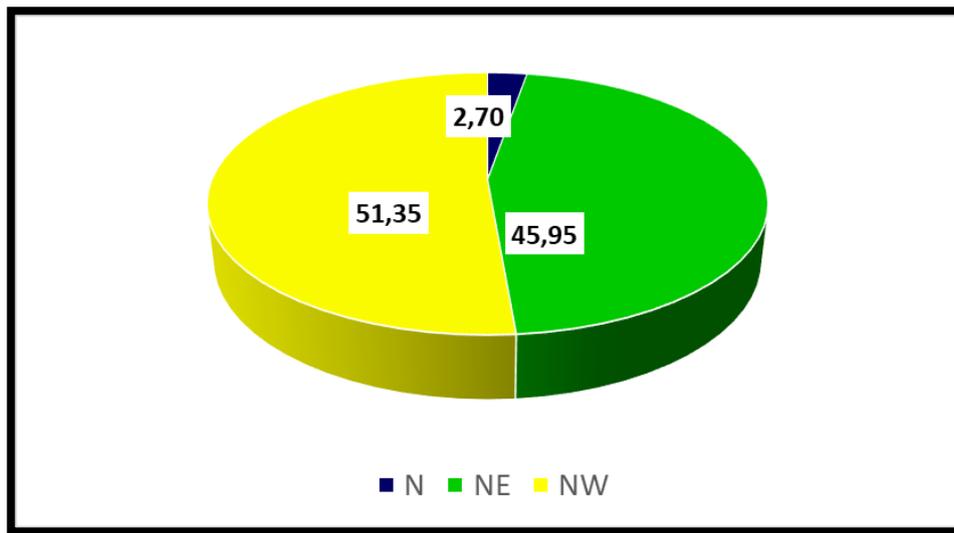


Figure 5.8 : Répartition en % des classes d'expositions.

5.3.3. Microrelief :

Le microrelief est souvent caractéristique de certaines catégories de sols. Il peut être dû à l'action des racines des arbres, mais. Généralement, les dénivellations qui varient de quelques décimètres à 1 mètre sont provoquées par les mouvements internes du sol, gonflement et retrait ou par la circulation des eaux souterraines. Le microrelief agit sur la fertilité du sol en provoquant des variations importantes d'humidité du sol à courte distance (Dabin, 1970).

A travers la zone d'étude, nous avons distingué la présence de deux types de microreliefs concave et intermédiaire :

- Type *Concave* : inclue 20 arbres dépéris et dépérissants, soit une fréquence relative de 54% ;
- Type *Intermédiaire* : inclue 17 arbres dépéris et dépérissants, soit une fréquence relative de 46%.

La figure 5.9 montre que 54% des arbres dépéris et dépérissants du canton PEPINIÈRE se disposent sur un terrain de type concave. Une position concave, exprime l'approvisionnement en eau et elle est exceptionnellement riche et favorise la croissance en grosseur du cèdre (Zedek, 1993).

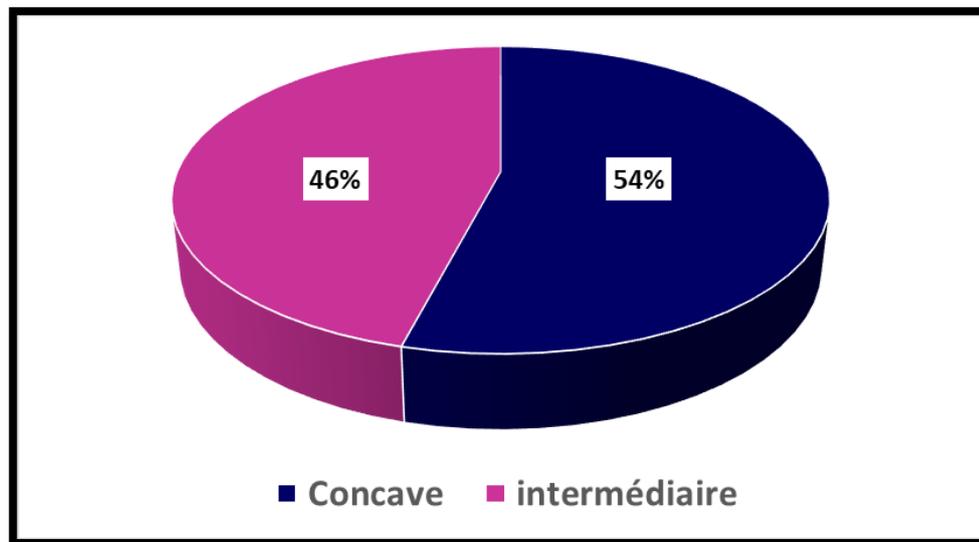


Figure 5.9 : Répartition en % des types de Microrelief.

5.3.4. Altitude :

L'altitude à une relation essentielle avec la répartition, la croissance et le développement de la végétation, elle permet de caractériser l'étage de la végétation (Masson, 2005).

Dans le versant Nord du parc national de Theniet El Had principalement dans le canton PEPINIÈRE le cèdre attend jusqu'à 1467 m d'altitude.

Les résultats obtenus de la répartition des arbres dépéris et dépérissants à travers l'étagement altitudinale montrent la présence de deux classes :

- Classe 1 «1400 à 1450m» : contient 23 arbres dépéris et dépérissants (soit 62.16%) ;
- Classe 2 « 1450 à 1500 » : contient 14 arbres dépéris et dépérissants (soit 37.84%).

Plus de la moitié des arbres dépéris et dépérissants (62.16 %) sont installés sur une altitude de 1400 à 1450 m (figure 5.10). En revanche, les arbres dépéris sont moins trouvés (soit 37.84 %) dans les zones où l'altitude dépasse 1450m, ce qui confirme que le cèdre est une essence montagnarde et trouve les bonnes conditions en haute altitude.

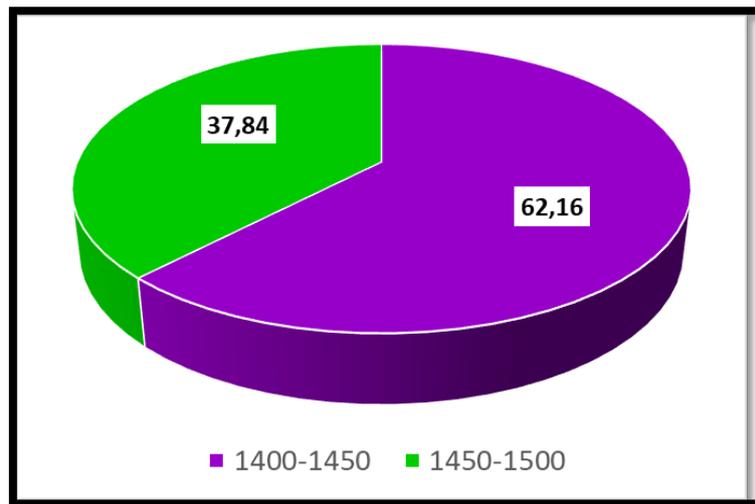


Figure 5.10 : Répartition en % des classes d'altitudes.

5.4. Données dendrométriques :

Le canton PEPINIÈRE paraît être le site où les peuplements sont plus stables et plus résistants aux éventuels chablis importants, ce canton a la particularité d'être une zone à cédraie presque pure (Zedek, 1993). Cela n'empêche pas la présence de phénomène de dépérissement dans ce canton. Pour mieux comprendre la structure des arbres recensés, nous avons fait l'objet de mesures dendrométriques essentiellement : *circonférence à 1.30 m, hauteur totale, hauteur du houppier et la surface terrière tige*.

Sur la base de statistiques descriptives des tiges échantillonnées, le tableau 5.1 illustre d'avantage la structure compositionnelle des mesures dendrométriques des arbres dépéris et dépérissants du cèdre de l'Atlas.

Tableau 5.1 : statistiques descriptives des arbres dépéris et dépérissants du cèdre de l'Atlas dans le canton PEPINIÈRE.

<i>statistique descriptive des tiges</i>	$C_{1.30m}$	H_{tot}	g	H_h
<i>Minimale</i>	0.97m	7m	0.07 m ²	0
<i>Maximale</i>	3.97m	22m	1.25m ²	8m
<i>Moyenne</i>	1.91m	16.03m	0.32m ²	0.45m
<i>Ecart-type</i>	0.61	3.34	0.23	1.53
<i>CV</i>	32%	21%	72%	3.42

$C_{1.30}$: circonférence à 1.30m ; H_{tot} : Hauteur totale ; g : surface terrière ; H_h : Hauteur houppier. CV ; coefficients de variation.

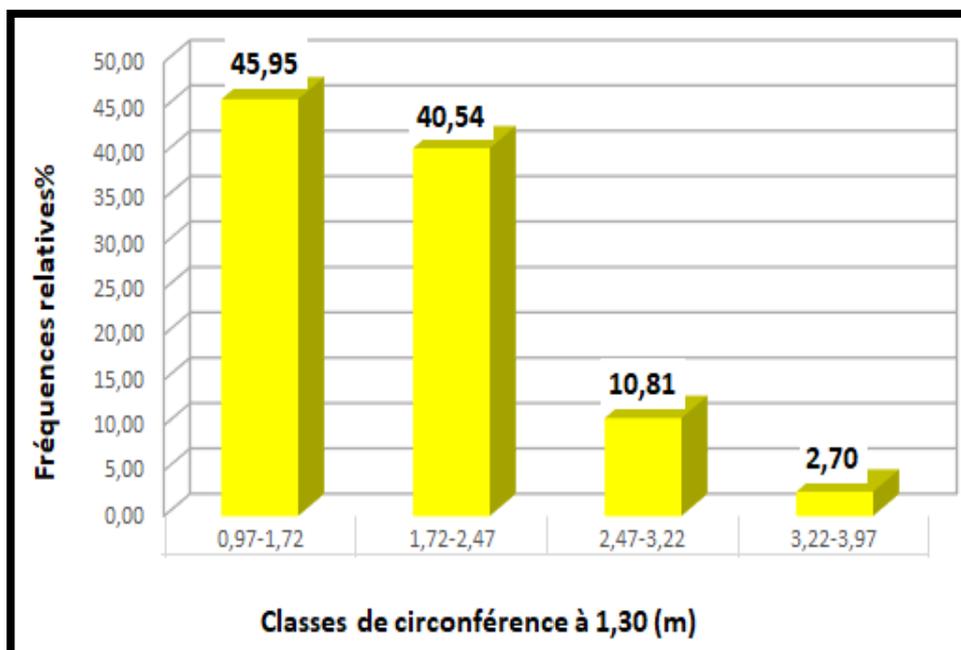
5.4.1. Circonférence a 1.30 m :

La circonférence est un paramètre dendrométrique très intéressant, elle est mesurée à 1.30 m (Rondeux, 1993).

D'après la figure 5.11, les quatre classes de fréquence relative des arbres dépéris et dépérissants sont les suivants :

- Classe 1 « 0.97 à 1.72 m » : contient 17 arbres dépéris et dépérissants, soit 45.95% ;
- Classe 2 « 1.72 à 2.47 m » : contient 15 arbres dépéris et dépérissants, soit 40.54% ;
- Classe 3 « 2.47 à 3.22m » : contient 4 arbres dépéris et dépérissants, soit 10.81% ;
- Classe 4 « 3.22 à 3.97 m » : contient 1 arbre dépéris, soit 2.70%.

Nous remarquons que les classes de circonférence inférieure à 2.50m sont les plus dominantes avec une fréquence qui dépasse 86%. En revanche, la classe des grosses tiges dépéris et dépérissants (plus de 2.50m) représente la plus faible fréquence relative (soit 13 %). Bentouati (2008), a signalé dans son étude dans le massif du Chélia (W. Batna) que le dépérissement est beaucoup plus diffus et concerne des arbres isolés, les individus les plus âgés et les moins vigoureux. D'après nos résultats nous pouvons dire que le dépérissement touche toutes les catégories de grosseurs des tiges de cèdres que ce soit les jeunes ou les adultes.



5.4.2. Hauteur totale (m) :

La hauteur totale est un caractère indispensable pour l'identification de la composition verticale d'un peuplement (Rondeux, 1993). A partir de la figure 5.12 nous constatons quatre classes de hauteur totale des arbres dépérissés et dépérissants qui sont les suivantes :

- Classe 1 « de 7 à 10.75 m » : contient 3 arbres ;
- Classe 2 « de 10.75 à 14.5 m » : contient 6 arbres ;
- Classe 3 « de 14.5 à 18.25 m » : contient 19 arbres ;
- Classe 4 « de 18.25 à 22 m » : contient 9 arbres.

D'après les résultats obtenus nous pouvons signaler que le phénomène de dépérissement n'est pas spécifique à une seule classe de hauteur dans la mesure où nous avons enregistré une fréquence de 8.11% pour la première classe (moins de 11m), 16.22% pour la deuxième classe (moins de 15m) et une fréquence qui dépasse 75% pour les classes de plus de 15 m de hauteur.

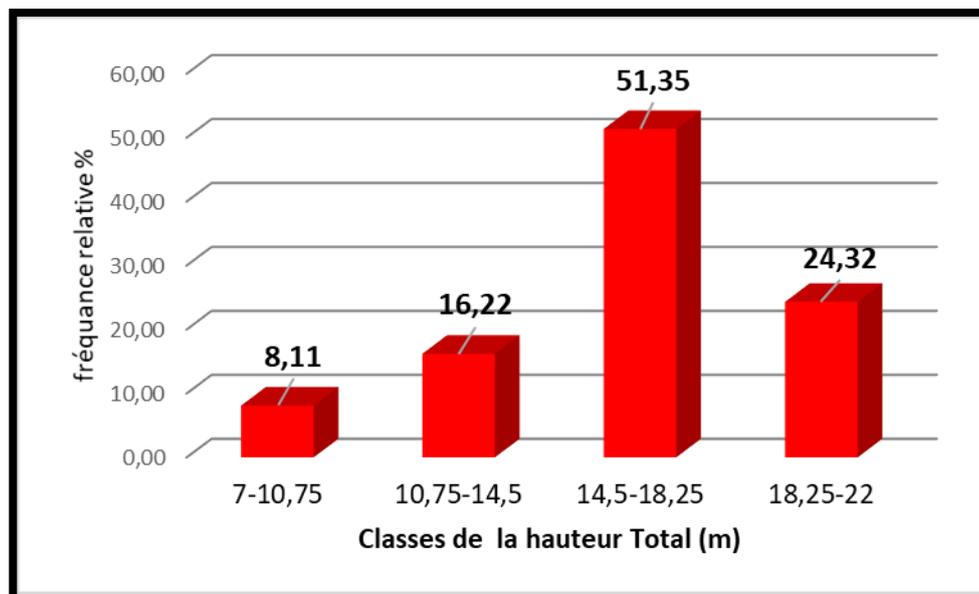


Figure 5.12 : Fréquence relative des classes de la hauteur totale (m).

5.4.3. Surface terrière (m²) :

La surface terrière est un indicateur important dans l'évaluation de la croissance, richesse et fertilité d'un peuplement forestier, c'est la surface qui correspond à la surface de la section d'un arbre à hauteur d'homme en mètres carrés (m²). Plus elle est élevée, plus le peuplement est riche. Elle est calculée par la formule suivante (Rondeux, 1993 ; Zedek, 1993) :

$$g = \frac{c^2}{4\pi}$$

Avec : g : la surface terrière. C : la circonférence de l'arbre à 1,30 m. π : 3.14

D'après Zedek (1993), plus la surface terrière est élevée, plus le peuplement est riche.

A partir des données récoltées sur terrain de la circonférence, nous avons distingué quatre classes de surface terrière des arbres dépéris et dépérissants qui sont les suivantes :

- Classe 01 « 0.07 à 0.37 m² » : présentée par 30 arbres (soit 81.08%) ;
- Classe 02 « 0.37 à 0.67 m² » : présentée par 3 arbres (soit 8.11%) ;
- Classe 03 « 0.67 à 0.97 m² » : présentée par 3 arbres (soit 8.11%) ;
- Classe 04 « 0.97 à 1.27 m² » : présentée par 1 arbre (soit 2.70%).

A travers la figure 5.13, nous remarquons que la majorité des arbres recensés (soit 81.08%) présente une surface terrière faible qui ne dépasse pas 0.37m². Ce qui signifie que les arbres dépéris se trouvent dans des stations de mauvaise fertilité stationnelles. Par contre, les stations riches et fertiles dont la surface terrière qui dépasse 0.67 m² ne présente qu'environ 11%.

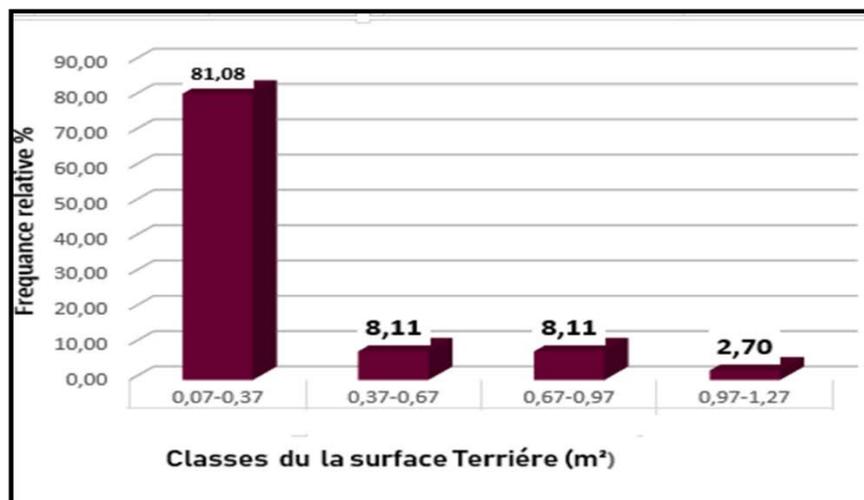


Figure 5.13 : Fréquences relatives des classes de surface terrière (m²).

5.4.4. Hauteur de houppier (m) :

Un houppier d'arbre bien développé et symétriquement disposé est un indicateur révélateur d'un meilleur état sanitaire et d'adaptation aux conditions de milieu qui y dirigent. La configuration des houppiers est liée à la compétition entre les arbres (Rondeux, 1993 ; Taleb, 2017).

Sur la base des arbres échantillonnés, la figure 5. 14 représente les trois classes de hauteur de houppier :

- Classe de 1.5 à 3.66 m : contient 2 arbres dépérissant (soit 50 %) ;
- Classe de 3.66 à 5.92m : contient 1 arbre dépérissant (soit 25%) ;
- Classe de 5.92 à 8 m : contient 1 arbre dépérissant (soit 25%).

D'après la figure 5.14 nous remarquons que la moitié des arbres dépérissants (50%) présente une hauteur de houppiers faible ce qui signifie que sont très touchés par le dépérissement dont la partie vivante ne dépasse pas 3.66m donc ces arbres se trouve dans un état sanitaire dangereux. En revanche, le reste des arbres sont faiblement touchés par le dépérissement, ayant une hauteur de houppier très importante jusqu' à 8 mètre signifiant que sont des arbres en début de dépérissement.

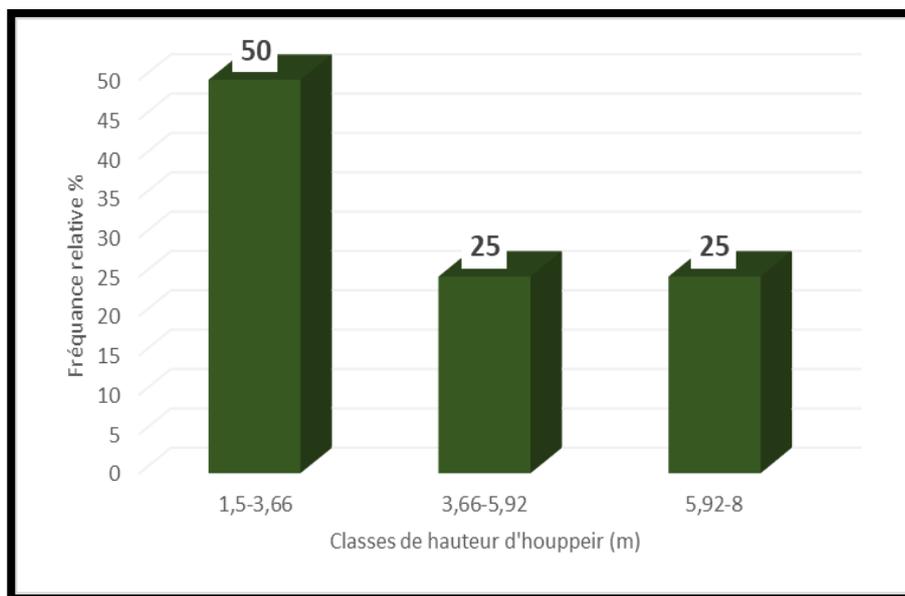


Figure 5. 14 : Fréquences relatives des classes des hauteurs de houppier (m)

Conclusion

Conclusion

Au terme de ce travail, nous pensons avoir atteint notre objectif par l'étude de l'état sanitaire de dépérissement de cèdre de l'Atlas dans le parc national de Theniet El Had essentiellement le canton PEPINIÈRE.

La cédraie de Theniet El.Had est un maillon de liaison entre l'Ouarsenis et les hautes plaines de Sersou, est l'une des plus belles cédraies de l'Algérie, elle est soumise à l'étage bioclimatique sub-humide a hiver froid, avec une altitude variant entre 1277et 1786m. Elle ne fait d'aucune opération sylvicole et demeure soumise au phénomène de dépérissement.

A travers d'un échantillonnage pied par pied qui permet d'inventorier tous les arbres dépéris et atteints, nous avons recensé 37 arbres dans le canton PEPINIÈRE du versant Nord de la cédraie où nous avons distingué 33 arbres complètement dépéris et 4 arbres dépérissants (avec des pourcentages de 10% ,50%, 60% et 75%).

Les classes symptomatologiques de dépérissement du cèdre de l'Atlas enregistrées dans le canton PEPINIÈRE sont :

- Classe 1 : un arbre de début de dépérissement (10%) ;
- Classe 2 : un arbre de dépérissement grave (50%) ;
- Classe 3 : deux arbres de dépérissement très grave (60% à 75%) ;
- Classe 4 : trente-trois arbres morts sur pieds (100%).

Sur la base de statistiques descriptives des tiges échantillonnées, les arbres dépéris et dépérissants de *Cedrus atlantica* dans le canton d'étude présente une hauteur totale moyenne de 16.03m ; une circonférence à 1.30m moyenne de 1.91m ; une surface terrière moyenne de 0.32m² et une hauteur d'houpier moyenne de 0.45m.

Les résultats obtenus des caractéristiques dendrométriques des tiges dépéris et atteints permettent de conclure que le phénomène de dépérissement n'est pas spécifique à une seule classe de hauteur totale. Il touche toutes les catégories de grosseurs des tiges de cèdres que ce soit les jeunes ou les adultes et il est très fréquent dans les stations de mauvaise fertilité stationnelle.

La relation entre le dépérissement et les facteurs stationnels dans le canton PEPINIERE indique que ce phénomène est signalé dans toutes les classes de pentes et il est très fréquent sur les terrains de faible pente. Il se rencontre sur les stations orientées vers le Nord-ouest (soit une fréquence relative de 51%). Il se dispose sur un terrain de type concave qui exprime l'approvisionnement en eau et il est très fréquent dans les zones où l'altitude est inférieure à 1450m.

Par le biais de ce modeste travail, nous espérons avoir répondu au problème de dépérissement du cèdre de l'Atlas et de protéger cette essence non seulement par le service forestier mais par toutes les catégories humaines.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- ✓ Abdelhamid, D.1999. Etude bioécologique de l'entomofaune du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti (1844)) dans la cédraie de Theniet El Had Algérie. Thèse de Magister. I.N.A. Alger, 106pp.
- ✓ Abdelhamid, D ; Marniche, F ; Allal-Benfekih, L ; Benadjroud,N ;Mouna , M.2017.Importance des coléoptères sylvatique associés au cèdre de l'Atlas au niveau du parc national de Theniet El Had (Algérie). *Revue Agrobiologia* : 297-311.
- ✓ Alba-Sánchez, F ; Abel-Schaad1, D ; López-Sáez, J-A; Sabariego-Ruiz, S; Pérez-Díaz, S ; González-Hernández, A. 2018. Paleobiogeografía de *Abies* spp.y *Cedrus atlantica* en el Mediterráneo occidental (península ibérica y Marruecos). *Ecosistemas* : 26-37.
- ✓ Allen, C-D.2009.Le dépérissement des forets dû au climat : un phénomène planétaire croissant? *Unasylva*231/232. V. 60: 43-49.
- ✓ Allen, CD. Macalady, AK. Cehenchouni, H. Bachelet, D. Mcdowell, N. Vennetier, M. Kitzberger, T. Rigling, A. Breshears, D. Hogg, EH. Gonzalez, P. Fenshan, R. Zhang, Z. Castro, J. Demidova, N. Lim, JH. Allard, G. Running, SW. Semerci, A. Cobb, N.2010. A global overview of drought and heat-induced tree mortality reveals emerging climate change risks for forests. *Forest ecology and management*, Elsevier. Volume (259) : 660-684
- ✓ Anonyme.1999. Guide pratique de défense de la culture. 149 rues de Bercy. Paris : cedex. 575p.
- ✓ Arbez, M ; Ferrandes, P ; Uyar, N.1978.Contribution à l'étude de la variabilité géographique Des Cèdres. *Annales des Sciences forestière* : 265-284.
- ✓ Arbez, M.1987. Les ressources génétiques forestières en France. Tome 1. Les conifères. *IFN* : paris. 236p.
- ✓ Aubry, S ; Bruciamacchie, M ; Druelle, P.1990. L'inventaire typologique : un outil performant Pour l'élaboration des Aménagements ou plans simple de gestion. *Revue forestière français*. N° 04.V.XLII : 429-444.
- ✓ Aussenac, G.1984. Le cèdre, essai interprétation bioclimatique et éco-physiologique. *Bulle soc.pot.Fr 131* :385-398.
- ✓ Aussenac, G ; Guehl, J.-M.1994. Dépérissement et accident climatique. *Revue forestière français*. V.XLVI :458-470.
- ✓ Bariteau, M ; Konstantinos, p ; M'hirit, O ; Apostolos, S.1999.Variabilité génétique du cèdre de l'Atlas en comparaison avec les autres cèdres Méditerranéens *.Forêt méditerranéenne*. N° 04, V.XX :175-190.

- ✓ Bessah, G. 2005. Les parcs nationaux d'Algérie. *Réseau des parcs –INTERREG IIIC Sud*" Naples- Italie. Algérie : DGF, 6p.
- ✓ Benabid, A.1994. Biogéographie phytosociologie et phytodynamique des cédraies de l'Atlas *Cedrus atlantica* (Manetti). *Annales des Sciences forestière* : 61-76.
- ✓ Bentouati, A .2008.La situation du cèdre de l'Atlas dans les Aurès (Algérie). *Forêt méditerranéenne* .N° 02 .V .XXIX : 203-208.
- ✓ Bernard, B. 2017. Dépérissement des chênaies et changements climatiques en Sologne Bourbonnaise, Auvergne, Allier. Mémoire de l'école pratique des hautes études, Ecole pratique des hautes études des Sciences de la Vie et de la Terre. 96pp.
- ✓ Bonneau, M.1990. Dépérissement des forêts : les risques en zone méditerranéenne. *Forêt méditerranéenne*. N°03.V XII : 227-233.
- ✓ Bonneau, M.1994.Les dépérissements à causes multiples : caractéristiques générales. *Revue forestière français*. N° 5 .V. XLVI : 472-473.
- ✓ Bouazza, Kh. 2011. Etude éco-pédologique du dépérissement de *Cedrus atlantica* Manetti dans le parc national de Theniet El Had (W.Tissemsilt). Thèse de magister en Sciences de la Nature et de la Vie. Université Ibn Khaldoun de Tiaret. Algérie.126pp+Annex.
- ✓ Bouchon, J. 1967. comparaison de Sinc dendromètre pour les mesures des hauteurs d'arbre. *Revue Forestières françaises* : 256-277.
- ✓ Boudy, P.1950. Economie forestière nord-africain. Tome2. Monographie et traitement des essences forestières .SASCI.Edition la rose. Paris .638p.
- ✓ Bouvarel, P.1984. Le Dépérissement des forets attribué aux dépôts atmosphériques acides. *Revue forestière françaises*. N°3.V.XXXVI :173-180.
- ✓ Cailliez, F. 1980. Estimation des volumes et d'accroissement des peuplements forestiers : étude des estimations de la production. France : Centre technique forestier tropical, 98p.
- ✓ Cheddadi, R ; Fady, B ; Francois,L ;Hajar,L ; Suc,J-P ; Huang K ; Demarteau, M ; Vendramin, M ; Ortu , E. 2009. Putative glacial refugia of *Cedrus atlantica* deduced from Quaternary pollen records and modern genetic diversity, *Journal of Biogeography* : 1361–1371.
- ✓ Courbet, F ; Lagacherie, M; Marty, P; Ladier, J; Ripert, C ; Riou-Nivert, P ; Huard, F; Amandier, L; Paillassa , E. 2012. Le cèdre en France face au changement climatique. bilan et recommandations, *INRA* : 1-32.
- ✓ Dabin, B.1970. chapitre IX : Les facteurs climatique et physique de la fertilité des sols, techniques rurales en Afrique. OVATY-Paris. N°06 :165-190.

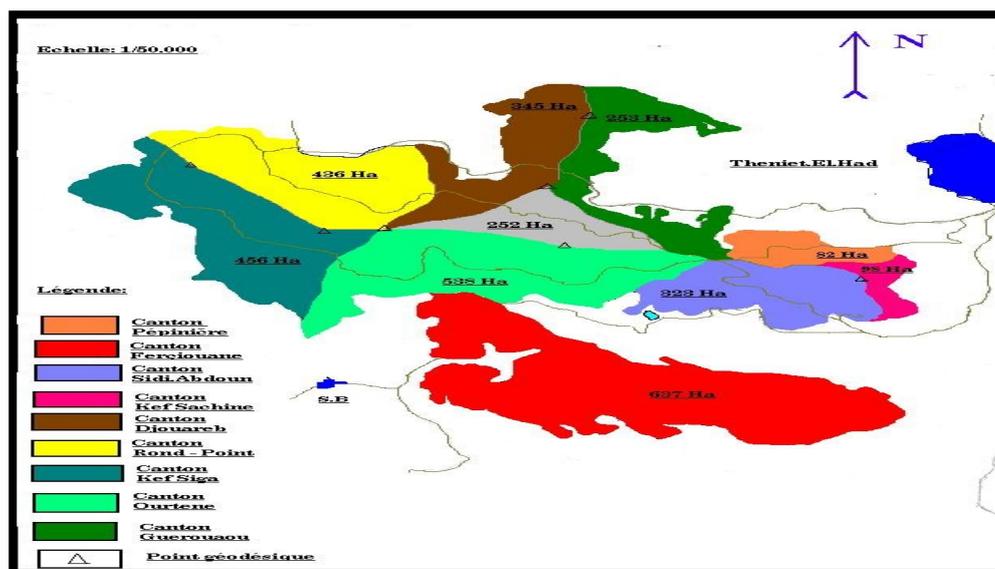
- ✓ Dashiell, H ; Colombet, M.2009. Bilan de l'introduction et perspectives d'utilisation du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica*) en Bretagne. *Centre régionale de la propriété forestière de Bretagne* : 1-10.
- ✓ Debazac, EK. 1991. Manuel des conifères. France : Nancy, ENGREF, 172p.
- ✓ Delatour, C.1990.Dépérissement des chênes et pathogènes. *Revue forestière françaises*. N°2 .V.XLII:182-185.
- ✓ Demarteau, M ; François, L; Cheddadi, R ; Roche, E.2007.Réponses de *Cedrus atlantica* aux changements climatiques passés et futurs. *Geo-Eco-Trop* ; 105 – 146.
- ✓ Derak, M; M'hirit, O; Boujamaa, M; Et-tobi, M.2008. Influence de la densité et le type de peuplement sur le dépérissement de cèdre à Sidi M' gueld. *Forêt méditerranéenne* : 23-32.
- ✓ El Azzouzi, k ; Keller, R.1998.Propriétés technologiques du bois de cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica Manetti*). *Forêt méditerranéenne*. N°01 .V.XIX: 11-33.
- ✓ Emberger, L.1938.Contribution à la connaissance des Cèdres et en particulier du Deodar et du Cèdre de l'Atlas. *Revue de botanique appliquée et d'agriculture coloniale*.N°198 :77-92.
- ✓ Emberger, L. ; Chadeaud, M.1960.Les végétaux vasculaires. Volume2.Traite de botanique systématique.Paris.753p.
- ✓ Fabre, J-P.1976. Extension du cèdre et risque d'attaques d'insectes. *Revue forestière françaises*.N°4.V. XXVIII : 261-269.
- ✓ FAO, 1981. Manuel d'inventaire forestier : avec références particulières aux forêts tropicales hétérogènes. Rome. 208p.
- ✓ FAO.2000. l'étude prospective du secteur forestier en Afrique : Algérie .rapports FOSA. 60p.
- ✓ Flot, J-L ; Carouille, F ; Lucas, S.2007. Dépérissement et Mortalité : un éclairage de la situation en France. *Inventaire forestier national*. N° 16 :1-8.
- ✓ Gagnon, G ; Roy, G.1994.Le dépérissement de L'Érable à sucre (*Acer saccharum* Marsh.) Au Québec. *Revue forestière françaises*. N°5 .V.XLVI:512-521.
- ✓ Gallais, A ; Bannerot, K.1992. Amélioration des espèces végétales cultivées. INRA. Paris. 768p.
- ✓ Garrec, J-P.1994.Les dépérissements littoraux d'arbres forestiers. *Revue forestière françaises*. V.XLVL :454-457.
- ✓ Gaussen, H.1952. Les résineux d'Afrique du Nord. Ecologie, reboisements. *Revue internationale de botanique appliquée et d'agriculture tropicale* : 505-532.
- ✓ Ghedar, M ; Dehane, B .2018. Etude des paramètres réglant la production du liège dans la subéraie de M'Sila (Oran, Algérie). *Journal Agriculture and Forestry*. Vol. 2: 48-58.

- ✓ Harfouche, A ; Nedjahi, A. 2003 .Prospections écologiques et sylvicoles dans les cédraies du Belezma et de l'Aurès à la recherche de peuplements semenciers et d'arbres plus. *Revue forestière française*. V.LV : 113-122.
- ✓ Kherchouche ; Kalla,M ; Gutierrez,E ; Briki,E ; Hamchi,A.2013. La sécheresse et le dépérissement du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica Manati*) dans le massif du Belezma (Algerie). *John Libbey Eurotext* .N°02. V 24 :129-137.
- ✓ Landmann, G.1994.Concepts, définitions et caractéristiques générales des dépérissements Forestiers. *Revue forestière française*. V.XLVI:405-415.
- ✓ Laaribya, S ; Belghazi, B.2016. Dynamique et accroissement radial du Cèdre de de l'Atlas (*Cedrus atlantica*) – Cas de la forêt d'Azrou (Maroc). *Revue « Nature & Technologie ». B-Sciences Agronomiques et Biologiques* .N° 14 :23-36.
- ✓ Macaire, A.1984.Le Dépérissement du chêne pédoncule en forêt communale d'amance (aube).*Revue forestière française*. N°03.v. XXXV : 201-205.
- ✓ Marchal, D. Rondeux, J.1995. Comment mesurer la hauteur d'un arbre au moyen d'un dendromètre. Les cahiers forestiers de Gembloux : 2p.
- ✓ Massenet, J-y. 2006. Chapitre IV : Mesure dendrométrique Estimation de volume. Lycée forestier – Château de Mesnières .23p.
- ✓ Massenet ; J-y. 2011.chapitre II : Hauteur des arbres. Lycée forestier–Château de Mesnières. 20p
- ✓ Masson, G.2005.Autoécologie des essences forestières .essences 2.comment installer chaque essence à sa place. *Editions TEC et DOC*.Paris.France.345p.
- ✓ Messat, S.1994. Modèle matriciel pour la croissance des futaies jardinées ou irrégulières de *Cedrus atlantica (Manetti)* : cas du foret du saheb au moyen atlas du Maroc. *Annales des Sciences forestière* .313-319.
- ✓ Muller, U. 1995. Inventaire forestier. Univ. D'ANTANANARIVO. Madagascar. 81 p.
- ✓ M'hirit, O.1999.Le cèdre de l'atlas à travers le réseau Silva méditerranée « cèdre ».billon et perspectives. *Forêt méditerranéenne*. N°3.V.XX : 91-99.
- ✓ M'hirit, O. Benzyane, M. 2006. Le cèdre de l'Atlas : mémoire du temps. Maroc : *Mardaga*. 228p.
- ✓ Nageleisen, L.-M.1993. Les dépérissements d'essences feuillues en France. *Revue forestière française*. N° 6.V. XLV : 605-620.
- ✓ Nageleisen, L.-M. 1994. Dépérissement actuel des chênes. *Revue forestière française*. N° 5.V.XLV :504-511.
- ✓ Nageleisen, L.-M. 2005. Dépérissement du Hêtre : présentation d'une méthode symptomatologique de suivi. *Revue forestière française*. N° 2.V.LVII :255-262.

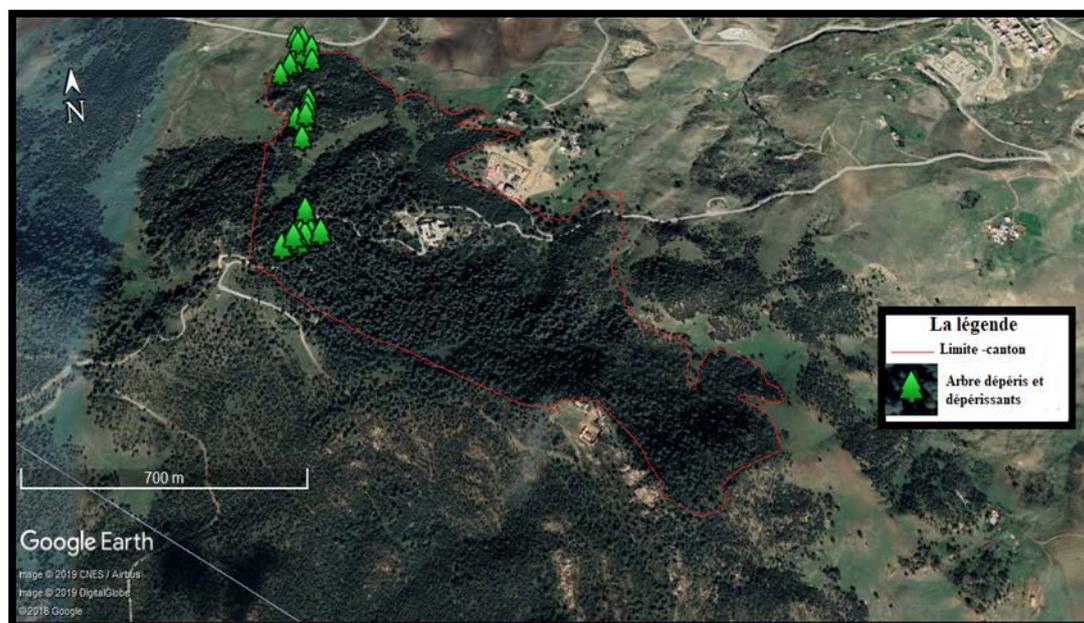
- ✓ Nageleisen, L. Goudet, M. Saintonge, F. 2017. Guide de notation simplifiée de l'aspect du houppier des arbres forestiers. Ministère d'agriculture et d'alimentation française : 1-30.
- ✓ Philippe, G ; Baldet, B; Héois, B; Ginisty, C.2006.Reproduction sexuée des conifères et production de semences en vergers à graines. *Julienne baudel*. Paris.570p.
- ✓ P.N.T.E.H. 2006. Atlas des parcs nationaux algériens. Alger : ED-DIWAN, 98p.
- ✓ P.N.T.E.H. 2007. plan de gestion 2002-2007. *parc national de Theniet El.Had* .112p.
- ✓ P.N.T.E.H. 2012. plan de gestion 2007-2012. *parc national de Theniet El.Had*.65p.
- ✓ P.N.T.E.H.2015. *parc national de Theniet El.Had*.
- ✓ P.N.T.E.H.2018. *parc national de Theniet El.Had*.
- ✓ Quézel, P. et Santa, S.1962. Nouvelle flore de l'Algérie. Quai Anatole. France. 565p.
- ✓ Rabhi,k ;Akli,A ;Djoughri,A ;Yahi, N ; Boudedja,S ;Messaoudene,S.2018.Bilan et croissance des reboisements de cèdre de l'Atlas, *Cedrus atlantica* Carrière, en Algérie : cas du Djurdjura et de l'Atlas blidéen. *Bois et Forêts des Tropiques* : 3-15.
- ✓ Rameau, G-C. ; Mansion, D. ; Bumé, G. ; Lecoumte, A. ; Pimbal, J. ;Dipont, P. ; Keller, R.2005. Flore forestière française. Guide écologique illustres. Tome 2. Plaines et collines. *IDF*. Paris.887p.
- ✓ Rondeux, J. 1993. La mesure des arbres et des peuplements forestiers. Belgique : Les presses agronomiques de Gembloux, 521p.
- ✓ Sarmoum, M ; Navarro-Carrillo, R ; Guibal, F ; Abdoun, F. 2018. Structure Tree Growth and Dynamics of *Cedrus atlantica* Manetti Forests in Theniet El Had National Park (N-W Algeria). *Open Journal of Ecology* : 432-446.
- ✓ Schilaepfer, R.1985. Les inventaires forestiers en suisse. *Revue forestière françaises*. N°04 V.XXXVII : 251-261.
- ✓ Sergent, A-S ; Bréda, N ; Nageleisen, L-M. 2013. Chronique de dépérissements de douglas en France depuis 1989. *Forêt-entreprise*. N°02 :16-23.
- ✓ Vennetier, M.2012. Changement climatique et dépérissement forestière : causes et conséquences. *Forêt environnement et sociétés*. N° :02. 50-60.
- ✓ Taleb, M-A ; Maatoug, M ; Azouzi, B ; Zedek, M ; Hellal, B. 2016. Etude Eco-dendrométrique du dépérissement du cèdre de l'Atlas dans le parc National de Theniet El Had "Algérie. *European Scientific Journal*. N °29. V 12 :112-123.
- ✓ Taleb, M-A. 2017. Etude de l'influence de la densité de l'état de sociabilité des tiges sur le dépérissement du cèdre de l'Atlas *Cedrus atlantica* Manetti dans le parc national de Theniet El Had (Algérie). Thèse de doctorat en sciences de la nature et de la vie. Université Djilali Liabes. Sidi Bel Abbas : 95pp+Annex.

- ✓ Thiombiano, A ; Glele-kakai, R ; Bayen, P ; Boussim, J-I ; Mahamane, A. 2016. Méthodes et dispositifs d'inventaires forestières en Afrique de l'Ouest : état des lieux et propositions pour une harmonisation. *Annales des Sciences Agronomiques* : 15-31.
- ✓ Toth, J.1980. Le cèdre dans quelques pays du pourtour méditerranéen et dans deux autres pays a grande importance forestière. *Forêt méditerranéenne*. n° 1.v.II : 23-30.
- ✓ Toth, J. 2005.Le cèdre de France : étude approfondie de l'sp. *l'Harmattan*. paris.207p.
- ✓ Zedek, M. 1993.Contribution à l'étude de la productivité du Cedrus atlantica Manetti (cèdre de l'Atlas) dans le parc national de Theniet El Had. Thèse magister, INA, Alger : 175pp.
- ✓ Zaremski,A ;Bakkali-Yakhlef ,S ;Chaintreuil,C ;Abbas,Y ;Prin ,Y ;Abourouh,M ; Ducouso ,M ;Baudassé ,C.2007.*Bois et Forêts des tropiques*. N° 291 :67-73

ANNEXES



Annexe 3.3 : la répartition des cantons selon la superficie (ha) dans le parc national de Theniet El.Had (P.N.T.E.H ,2018)



Annexe 4.1 : Echantionnage pieds par pieds des arbres dépéris et dépérissants dans le canton PEPENIERE (Google Earth Pro,2019).

Annexe 5.1 : Donnés brutes des mesures dendrométriques et stationnels.

Nombre d Arbre	C _{1,30}	g	hauteur total	Houteur hopplier	Taux de depperissement	Pente	Expositio	microrelief	Lalitude	La latitude	longitude
1	1,8	0,26	9	0	100%	19°	NE	Concavre	1452	35°51'45"	01°59'90"
2	1,18	0,11	10,5	0	100%	17°	NW	Concavre	1454	35°51'47"	01°59'90"
3	1,44	0,17	12,5	8	50%	12°	NW	Concavre	1442	35°51'48"	01°59'89"
4	1,53	0,19	13	0	100%	20°	NW	Concavre	1431	35°51'49"	01°59'90"
5	2,56	0,52	15	0	100%	15°	NW	Concavre	1436	35°51'49"	01°59'90"
6	1,97	0,31	16	0	100%	8°	NW	Concavre	1430	35°51'49"	01°59'92"
7	1,84	0,27	16	1,5	60%	20°	Nw	Concavre	1429	35°51'48"	01°59'93"
8	1,97	0,31	17,5	0	100%	19°	NE	Concavre	1464	35°51'46"	01°59'93"
9	1,71	0,23	18	0	100%	24°	NW	Concavre	1446	35°51'46"	01°59'91"
10	1,46	0,17	13	0	100%	7°	NE	Concavre	1427	35°51'46"	01°59'94"
11	1,76	0,25	16,5	0	100%	13°	NE	Concavre	1432	35°51'46"	01°59'94"
12	1,35	0,15	18	0	100%	12°	NW	Concavre	1426	35°51'49"	01°59'92"
13	1,68	0,22	11,75	0	100%	20°	NE	Concavre	1413	35°51'50"	01°59'91"
14	3,97	1,25	11	0	100%	15°	NE	Concavre	1420	35°51'52"	01°59'91"
15	3,1	0,77	18	0	100%	17°	NW	Concavre	1422	35°51'51"	01°59'89"
16	0,97	0,07	7	4	10%	17°	NW	Concavre	1412	35°51'52"	01°59'88"
17	2,08	0,34	17,5	0	100%	17°	NW	Concavre	1426	35°51'38"	01°59'84"
18	2,1	0,35	18	0	100%	15°	NW	Concavre	1447	35°51'41"	02°00'07"
19	1,8	0,26	14,5	0	100%	15°	NW	Concavre	1447	35°51'41"	02°00'07"
20	1,45	0,17	16	0	100%	20°	NW	intermédiaire	1440	35°51'40"	02°00'08"
21	2,06	0,34	14,5	0	100%	0°	NW	intermédiaire	1444	35°51'39"	02°00'07"
22	1,91	0,29	16,5	0	100%	0°	N	intermédiaire	1449	35°51'38"	02°00'06"
23	2,03	0,33	19	0	100%	0°	NE	intermédiaire	1445	35°51'38"	02°00'01"
24	2,45	0,48	14	0	100%	0°	NE	intermédiaire	1442	35°51'36"	02°00'11"
25	1,51	0,18	19,5	0	100%	0°	NE	intermédiaire	1467	35°51'23"	02°00'41"
26	1,53	0,19	18	0	100%	0°	NE	intermédiaire	1467	35°51'23"	02°00'41"
27	1,62	0,21	20	0	100%	0°	NE	intermédiaire	1467	35°51'23"	02°00'41"
28	1,4	0,16	16,5	0	100%	0°	NE	intermédiaire	1467	35°51'23"	02°00'41"
29	1,66	0,22	18,5	0	100%	0°	NE	intermédiaire	1467	35°51'23"	02°00'41"
30	1,3	0,13	16,5	0	100%	0°	NE	intermédiaire	1467	35°51'23"	02°00'41"
31	1,76	0,25	21	0	100%	0°	NW	intermédiaire	1451	35°51'24"	02°00'46"
32	1,65	0,22	15	0	100%	0°	NW	intermédiaire	1451	35°51'24"	02°00'46"
33	1,84	0,27	18,5	0	100%	0°	NW	intermédiaire	1451	35°51'24"	02°00'46"
34	1,7	0,23	18,5	0	100%	0°	NW	intermédiaire	1452	35°51'24"	02°00'47"
35	3,05	0,74	22	3	75%	0°	NE	intermédiaire	1455	35°51'25"	02°00'47"
36	2,38	0,45	16,5	0	100%	14°	NE	intermédiaire	1442	35°51'26"	02°00'47"
37	3,14	0,79	19,75	0	100%	14°	NE	Concavre	1442	35°51'26"	02°00'47"

Résumé :

La présente étude a pour objet de connaître l'état actuel et sanitaire de dépérissement du cèdre de l'Atlas dans le canton PEPINIÈRE du versant Nord du parc national de Theniet El Had (wilaya de Tissemsilt). L'étude est réalisée à travers un échantillonnage pieds par pieds sur 37 arbres dont 33 arbres dépéris et 4 arbres dépérissants. L'état sanitaire des arbres recensés dans le canton d'étude montre la présence de cinq classes symptomatologiques de dépérissement (classes 0, 1, 2, 3 et 4). L'étude dendrométrique des arbres recensés présente une hauteur totale moyenne de 16.03m ; une circonférence à 1.30m moyenne de 1.91m ; une surface terrière moyenne de 0.32m² et une hauteur d'houpier moyenne de 0.45m. Le dépérissement se rencontre dans les stations orientées vers le Nord-ouest, sur les terrains de faible pente, dans l'étagement altitudinal de 1400 à 1450m et sur le microrelief concave.

المخلص

الغرض من هذه الدراسة هو معرفة الحالة الصحية الراهنة لأشجار الأرز الأطلسي في canton PEPENIERE في الجانب الشمالي من الحاضرة الوطنية لثنية الحد (ولاية تيسمسيلت). أجريت الدراسة من خلال عينة على 37 شجرة، بما في ذلك 33 شجرة مضمحلة و 4 أشجار رفي طريق الاضمحلال. توضح الحالة الصحية الراهنة للأشجار المسجلة في منطقة الدراسة الى وجود خمسة أقسام لأعراض الاضمحلال (قسم 0، 1، 2، 3 و 4). حيث يبلغ متوسط الطول الكلي لمساحة قياس الأشجار 16.03 م؛ يبلغ المحيط بمعدل 1.91 م؛ مساحة قاعدية متوسطة تبلغ 0.32 متر مربع، ويبلغ متوسط ارتفاع القسم الأخضر للأشجار في طريق الاضمحلال 0.45 متر. يحدث الاضمحلال في مواقع موجهة نحو الشمال الغربي، على المنحدرات الضحلة، في مدى الارتفاع 1400 إلى 1450 متر، وعلى تضاريس المقعرة.

الكلمات المفتاحية : أرز الأطلس، الاضمحلال، الحالة الصحية، Canton PEPENIERE.