

# الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

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

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

Spécialité : Biodiversité et Ecologie Végétale



Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention d'un diplôme de

MASTER ACADEMIQUE

## Caractérisation des sols dans un peuplement déperis du cèdre de l'Atlas dans le parc national de Theniet El Had (W. de Tissemsilt) (Cas de canton Rond-Point).

Présenté par :

-M<sup>elle</sup> ABDAOUI Aicha

-M<sup>elle</sup> KENTOUR Fatiha

Soutenue le : 27 / 06/2018

Devant le jury composé de :

**Président** : Mr , SARMOUM Med.

**Promotrice** : M<sup>elle</sup> BOUAZZA Kh.

**Examinatrice** : M<sup>elle</sup> ,NEGGAR ODJ.

Année universitaire : 2017–2018

## **Remerciements**

*Nous exprimons notre parfaite reconnaissance et nos remerciements tout d'abord à notre promotrice Mme BOUAZZA .K pour le temps qu'elle a bien voulu consacrer à l'encadrement et le suivi de ce travail , les conseils qu'elle nous a prodigué après ses minutieuses lectures et pour les réunions qui ont rythmées les différentes étapes de la rédaction d'une manière sûre et pertinente. Nous la remercions vivement pour son effort , sa disponibilité et surtout ses conseils qui ont largement contribuer à rehausser la valeur de ce travail ;*

*Nous voudrions également remercier les membres du jury pour avoir accepté d'évaluer ce travail ;*

*Notre gratitude et notre reconnaissance à Monsieur SARMOUM Qui à accepter de presider le jury ,je lui exprime notre profonde remerciement ;*

*Que Melle NAGGAR soit chaleureusement remerciés d'avoir voulu examiner de près notre travail.*

*Que l'oncle L'ARABI notre guide dans le parc national de theniet el had soit remercié pour nous avoir aidé et pour son indulgence ;*

*Nous tenons aussi à remercier monsieur le chef du département de SNV à l'Université d'Ibn Khaldoun : Dr .AIT HAMMOU, ainsi que tout le personnel et les enseignants du département pour leur soutien inestimable ;*

*A tous nos enseignants qu'ils nous ont initiés aux valeurs authentiques, en signe d'un profond respect et d'un profond amour ;*

*Nous remercions également tous ceux ce qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail .*

# Dédicace



*Je dédie cette thèse à ...*

*La plus belle créature sur terre,  
la source de tendresse, de patience et de générosité,, au  
Symbole de la bonté par excellence, et  
L'exemple de dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager et  
de prier pour moi ;  
Ta prière et ta bénédiction m'ont été d'un grand secours  
pour mener à bien mes études ;  
À ma mère ;*

*Aucune dédicace ne saurait être assez éloquente pour  
exprimer ce que vous méritez pour tous les sacrifices que vous n'avez cessé de me  
donner depuis ma naissance, durant mon enfance et même à l'âge adulte ;  
Vous avez fait plus qu'une mère puisse faire pour que ses  
enfants suivent le bon chemin dans leur vie et leurs études ;  
Je vous dédie ce travail en témoignage de mon profond amour.  
À mon aimable père ;*

*À mes frères ALI, YUCEF, KHALED et KHALIDOU ;  
À tous mes sœurs ainsi que leurs enfants et surtout ma petite LOUJAINA ;*

*À mes chères filles : FAIZA, SIHEM, CHOCHO, ZANOUBA, NOUSSA et  
surtout MASSIKA (tu es à ma mémoire) sans oublier KHAYROUR, H et  
WAFAA ;*

*À toute ma famille ;  
À toute mes amies et collègues ;  
À tous les étudiants de la promotion 2017/2018  
Spécialité : Biodiversité et écologie végétale ;  
À tous ceux qui, par un mot, m'ont donné la force de continuer,,  
Je vous aime...*

**Fatiha .K**

# Dédicace

*D'un sentiment plein d'Amour, de sincérité et fidélité Je dédie ce modeste travail*

*À ma mère Affable, honorable, aimable :*

*Tu représentes pour moi le symbole de la bonté par excellence, la source de tendresse et l'exemple du dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager et de prier pour moi. Ta prière et ta bénédiction m'ont été d'un grand secours pour mener à bien mes études. Aucun dédicace ne saurait être assez éloquent pour exprimer ce que tu mérites pour tous les sacrifices que tu n'as cessé de me donner depuis ma naissance, durant mon enfance et même à l'âge adulte , ton encouragement durant toutes mes études et qui sans toi ma réussite n'aura pas eu lieu que tu trouves ici mon amour et mon affection.*

*Je te dédie ce travail en témoignage de mon profond amour. Le tout puissant, te préserver et t'accorder santé, longue vie et bonheur.*

*Je vous dédie ce travail avec tous mes vœux de Bonheur, de santé et de réussite.  
Je lui confirme mon profond respect .... À mon père*

*À mes très chères sœurs : Amel, Faiza ,Kholoud et Widad*

*À mon seul frère : Kadi*

*Je leur souhaitant tout le succès ... tout le bonheur*

*À mes chères ami(e)s : Imen , Fatima, Souhila , Zineb , Wafaa, Nossa et Kheira  
hijabiste*

*À mes collègues de promotion : biodiversité et écologie végétale 2017/2018*

*À toutes personnes qui m'a aidé à franchir un horizon de ma vie .....*

*Aicha. A*

## *Sommaire*

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

### *Chapitre 01 : Généralités sur le cèdre de l'Atlas*

1. Généralités sur le cèdre de l'Atlas .....	3
1.1. Taxonomie.....	3
1.2. Caractères botaniques .....	4
1.3. Régénération.....	5
1.4. Ecologie .....	5
1.5. Répartition .....	6
1.6. Intérêt.....	7
1.7. Ennemies .....	7
1.8. Dépérissement du cèdre de l'Atlas .....	8

### *Chapitre 02: Généralité sur le sol*

2. Généralités sur le sol.....	10
2.1. Phases du sol .....	10
2.2. Types du sol .....	10
2.2.1. Sols à gros grains .....	10
2.2.2. Sols à grains fins .....	10
2.3. Caractéristiques physiques et physico-chimiques du sol.....	11
2.3.1. Structure.....	11
2.3.2. Texture .....	12
2.3.3. pH.....	12
2.3.4. Humidité ou la teneur en eau.....	12
2.3.5. Porosité .....	13
2.3.6. Perméabilité.....	13
2.3.7. Température.....	13
2.3.8. Densité .....	13
2.3.9. Couleurs.....	14
2.3.10. Humus.....	14
2.3.11. Calcaire .....	14
2.3.12. Organismes vivants.....	14
2.3.13. Analyse granulométrique.....	15

### **Chapitre 03: La zone d'étude**

3. Cédraie de Theniet El Had .....	16
3.1. Historique de la cédraie .....	16
3.2. Superficie et localisation géographique .....	16
3.3. Objectifs de la création de la forêt des cèdres en parc national .....	17
3.4. Conditions climatiques .....	17
3.4.1. Précipitation.....	17
3.4.2. Neige .....	18
3.4.3. Vent.....	18
3.5. Conditions édaphiques .....	18
3.6. Source d'eau.....	19
3.7. Géologie .....	19
3.8. Flore.....	19
3.9. Faune .....	20
3.10. Actions anthropiques .....	20
3.10.1. Pâturage .....	20
3.10.2. Dépérissement .....	21
3.11. Présentation de la zone d'étude (canton Rond-Point) .....	21

### **Chapitre 04: Matériels et méthodes**

4. Matériels et méthode.....	23
4.1. Données à récolter.....	23
4.2. Conditions de prélèvement .....	24
4.3. Analyses physico-chimiques.....	24
4.3.1. Matériels utilisés .....	26
4.3.2. Méthode d'analyse .....	26
4.3.2.1. Humidité .....	26
4.3.2.2. Mesure du pH (eau) et pH (KCl) .....	27
4.3.2.3. Dosage du calcaire total.....	27
4.3.2.4. Matière organique .....	29
4.3.2.5. Granulométrie .....	29

### **Chapitre 05: Résultats et discussion**

5. Résultats et discussion .....	31
5.1. Texture.....	31

5.2. Taux d'humidité .....	31
5.2.1. Etude comparative entre le taux d'humidité des trois peuplements du cèdre .....	33
5.2.2. Relation entre le taux du dépérissement et le taux d'humidité du sol .....	34
5.3. pH (eau) .....	35
5.3.1. Etude comparative entre le pH (eau) des trois peuplements du cèdre .....	36
5.3.2. Relation entre le taux du dépérissement et le pH (eau) du sol .....	37
5.4. pH (KCl) .....	38
5.4.1. Etude comparative entre le pH (KCl) des trois peuplements du cèdre .....	39
5.4.2. Relation entre le taux du dépérissement et le pH (KCl) du sol .....	40
5.5. Matière organique .....	41
5.5.1. Etude comparative entre la matière organique des trois peuplements du cèdre.....	42
5.5.2. Relation entre le taux du dépérissement et le taux de la matière organique du sol	43
5.6. Calcaire total .....	44
5.6.1. Etude comparative entre le calcaire total des trois peuplements du cèdre .....	45
5.6.2. Relation entre le taux du dépérissement et le taux du calcaire total du sol .....	46
Conclusion.....	47
Références bibliographiques	
Annexes	

## *Liste des abréviations*

**A** : argile

**BNQ** : Bureau de normalisation du Québec

**CaCO<sub>3</sub>** : Carbonates de Calcium

**CO** : Carbone organique

**CO<sub>2</sub>**: Dioxyde de Carbone

**GPS**: global positioning system

**h** : heure

**ha** : hectare

**HCl** : acide chlorhydrique

**H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>** : Peroxyde d'hydrogène

**KCl** : Chlorure de Potassium

**L** : limon

**LF** : limon fin

**LG** : limon grossier

**m (°C)** : température minimale

**M (°C)** : température maximale

**MO** : matière organique

**pH** : potentiel hydrogène

**P.N.T.H** : Parc national de Theniet El Had

**Q<sub>2</sub>** : Quotient pluviométrique d'EMBERGER

**S** : sable

**SF** : sable fin

**SG** : sable grossier

**T** : température

**V** : volume

## *Liste des figures*

<b>Figure 01</b> : Cèdre de l'Atlas dans le P.N.T.H (canton Rond-Point) .....	3
<b>Figure 02</b> : Cônes, aiguilles, ailes, graines et tronc du cèdre de l'Atlas du P.N.T.H.....	5
<b>Figure 03</b> : Distribution du cèdre de l'Atlas dans l'Afrique du Nord.....	6
<b>Figure 04</b> : Chenille du cèdre de l'Atlas du P.N.T.H .....	8
<b>Figure 05</b> : Cèdre dépéris dans le canton Rond-Point du parc national de Theniet El Had .....	9
<b>Figure 06</b> : Structure du sol .....	11
<b>Figure 07</b> : Texture du sol .....	12
<b>Figure 08</b> : Situation du parc national de Theniet El Had dans la wilaya de Tissemsilt .....	16
<b>Figure 09</b> : Localisation de la zone d'étude dans le climagramme d'Emberger .....	18
<b>Figure 10</b> : Pâturage dans le canton Rond-point.....	21
<b>Figure 11</b> : Délimitation du canton Rond -Point.....	22
<b>Figure 12</b> : Matériel utilisé pour déterminer les données topographiques .....	23
<b>Figure 13</b> : prélèvement du sol à l'aide d'une tarière pédologique.....	24
<b>Figure 14</b> : Séchage, broyage et tamisage des échantillons du sol .....	24
<b>Figure 15</b> : Organigramme de la préparation et de l'analyse des échantillons du sol .....	25
<b>Figure 16</b> : Séchage des échantillons du sol à l'étuve durant (24 h) .....	26
<b>Figure 17</b> : Mesure du pH.....	27
<b>Figure 18</b> : Mesure de CaCO <sub>3</sub> à l'aide du Calcimètre de BERNARD. ....	28
<b>Figure 19</b> : Répartition en % des classes d'humidité des différents types du peuplement du cèdre de l'Atlas (sain, mixte, dépéris) .....	33
<b>Figure 20</b> : valeurs d'humidité des différents types du peuplement du cèdre de l'Atlas .....	34
<b>Figure 21</b> : Répartition en % des classes du pH(eau) des différents types du peuplement du cèdre de l'Atlas.....	36
<b>Figure 22</b> : valeurs du pH(eau) des différents types du peuplement du cèdre de l'Atlas(sain, mixte, dépéris).....	37
<b>Figure 23</b> : Répartition en % des classes du pH (KCl) des différents types du peuplement du cèdre de l'Atlas.....	39

<b>Figure 24 :</b> valeurs du pH (KCl) des différents types du peuplement du cèdre de l'Atlas(sain, mixte, dépéris).....	40
<b>Figure 25 :</b> Répartition en % des classes de la matière organique des différents types du peuplement du cèdre de l'Atlas.....	42
<b>Figure 26 :</b> valeurs de la matière organique des différents types du peuplement du cèdre de l'Atlas(sain, mixte, dépéris).....	43
<b>Figure 27 :</b> Répartition en % des classes du calcaire total des différents types du peuplement du cèdre de l'Atlas.....	45
<b>Figure 28 :</b> valeurs du calcaire total des différents types du peuplement du cèdre de l'Atlas(sain, mixte, dépéris).....	46

## *Liste des tableaux*

<b>Tableau 01</b> : Statistiques descriptives d'humidité .....	32
<b>Tableau 02</b> : Analyse de variance au seuil de signification de 95% entre le taux du déperissement et le taux d'humidité du sol .....	34
<b>Tableau 03</b> : Statistiques descriptives du pH (eau).....	35
<b>Tableau 04</b> : Analyse de variance au seuil de signification de 95% entre le taux du déperissement et le pH (eau) du sol .....	37
<b>Tableau 05</b> : Statistiques descriptives du pH (KCl) .....	38
<b>Tableau 06</b> : Analyse de variance au seuil de signification de 95% entre le taux du déperissement et le pH (KCl) du sol .....	40
<b>Tableau 07</b> : Statistiques descriptives de la matière organique .....	41
<b>Tableau 08</b> : Analyse de variance au seuil de signification de 95% entre le taux du déperissement et la matière organique du sol.....	43
<b>Tableau 09</b> : Statistiques descriptives du calcaire total .....	44
<b>Tableau 10</b> : Analyse de variance au seuil de signification de 95% entre le taux du déperissement et le taux du calcaire du sol .....	46

# *Introduction*

## **Introduction**

L'Algérie comporte une superficie de 4.1 millions d'hectares du patrimoine forestier dont 1.3 millions hectares représentent la forêt naturelle. Le cèdre de l'Atlas est l'une des espèces forestières qui caractérise ce patrimoine, ses peuplements occupent une superficie d'environ 16 000 ha, ils sont localisés au centre et à l'Est du pays (FAO, 2000 ; Taleb et *al.*, 2016).

Le cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) est une essence forestière montagnarde, endémique de l'Afrique du nord (Algérie, Maroc), il joue un rôle considérable dans le haut massif berbère. C'est un conifère qui peut atteindre les quarante mètres de hauteur, il résiste bien au climat humide et froid, préfère les terrains profonds et craint le calcaire (BOUDY, 1950 ; DEBAZAC, 1991 ; MESSAILI, 1995).

Cette espèce a connu un phénomène complexe qui touche les arbres forestiers dont des facteurs responsables très diversifiés biotiques ou abiotiques, c'est le phénomène du dépérissement qui constitue un fléau majeur menaçant la pérennité des cédraies ;

En 1984, ce dernier a touché 3000 arbres de la cédraie de Theniet El Had qui représente l'une des plus belles cédraies de l'Algérie (MOUNA, 2009 ; Taleb et *al.*, 2016) .

Le parc national de Theniet El Had de la wilaya de Tissemsilt est un massif montagneux qui se situe près de la ville de Theniet El Had, sur le versant sud de l'Atlas tellien et qu'il s'étale jusqu'au grand massif de l'Ouarsenis, sur une surface de 3424 ha. Il forme un passage obligé entre les montagnes de l'Ouarsenis et les plaines du Sersou où se trouve le point culminant de Ras-El-Braret avec une altitude de 1787 m et un point moins élevé de 862 m. Cette aire protégée comporte plusieurs cantons : canton Pipiniere, canton Djouareb, canton Kef-Siga, canton Ourtène, canton Guerouaou ,.....et le canton Rond-Point (P.N.T.H, 2006).

Le canton Rond-Point c'est notre zone d'étude, il situe au versant nord du parc national de Theniet El Had et limité par le canton Djouareb à l'Est, le canto Kef-Siga à l'Ouest, et par les deux cantons Ourtène et pré-Benchohra, il a une superficie de 436 ha. C'est une grande clairière entourée par des milliers du grand cèdre .Ce canton est caractérisé par une prairie agréable véritable, vision de Suisse ou des Alpes de Savoie (P.N.T.H, 2006).

La situation du dépérissement a encouragé les scientifiques de chercher les causes de ce phénomène où plusieurs hypothèses ont été révélées comme les changements climatiques, l'attaques parasitaires, la pollution, le sol...etc, mais elles ne sont pas confirmées (Taleb et *al.*, 2016).

Parmi ces facteurs le sol, qui est un corps naturel, couvre la partie extérieure de la surface terrestre constitué de matière minérale et organique après la décomposition et l'altération des roches (HILLEL, 1988 ; CALVET, 2013).

Notre travail est mené dans le canton Rond-Point parce que cette zone est caractérisée par l'existence des arbres dépéris et sains. Il a pour but de consister à mettre en évidence la relation qui pourrait exister entre le dépérissement et les caractéristiques physico-chimiques du sol dans des peuplements sains et dépéris, il s'agit de connaître l'effet des facteurs édaphiques sur le dépérissement du cèdre de l'Atlas dans ce canton et de confirmer ou d'infirmer les hypothèses émises sur l'impact des facteurs édaphiques sur le dépérissement du cèdre de l'Atlas.

Cette étude est basée sur deux parties, la première comporte deux chapitres bibliographiques, le premier chapitre contient une généralité sur le cèdre de l'Atlas, le deuxième chapitre comporte des notions générales sur le sol. La deuxième partie collecte trois chapitres, dans le premier chapitre, nous mentionnons une présentation sur notre zone d'étude. Le deuxième représente la méthodologie du travail et le dernier chapitre pour les résultats et leurs interprétations.

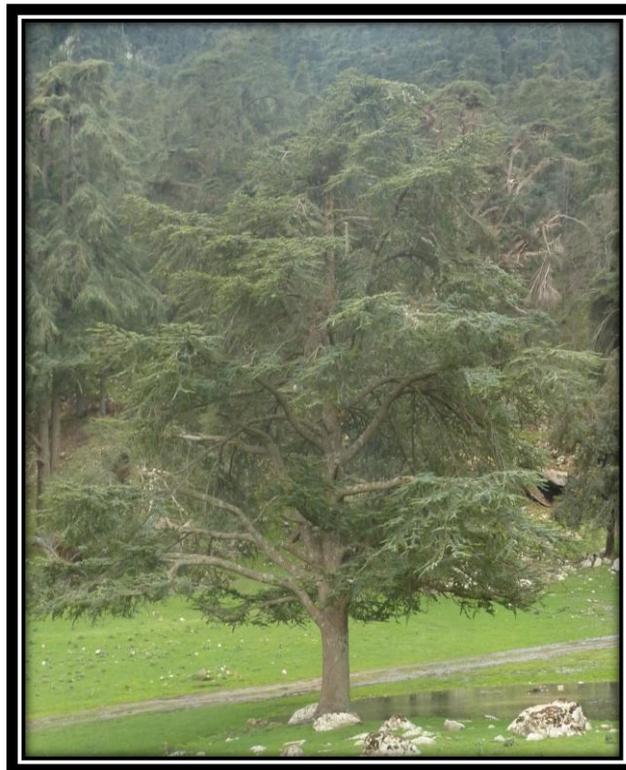
*Chapitre 01*  
*Généralités sur le cèdre*  
*de l'Atlas*

## 1. Généralités sur le cèdre de l'Atlas

Le genre *Cedrus* est très ancien, connu depuis le tertiaire, il est caractérisé par sa vaste répartition. Il est représenté par quatre espèces voisines au niveau montagnard de la région méditerranéo-himalayenne (DEBAZAC ,1991 ; MESSAILI ,1995) :

- *Cedrus libani* Barri (cèdre de Liban) ;
- *Cedrus deodara* Loud (cèdre de l'Himalaya) ;
- *Cedrus brevifolia* Henry (cèdre de Chipre) ;
- *Cedrus atlantica* Manetti (cèdre de l'Atlas).

Le cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) est une essence forestière montagnarde (fig.01), endémique de l'Afrique du Nord (Algérie, Maroc). C'est un conifère qui peut atteindre les quarante mètres de hauteur, il résiste bien au climat humide et froid, préfère les terrains profonds et craint le calcaire (DEBAZAC ,1991 ; MESSAILI ,1995).



**Figure 01** : Cèdre de l'Atlas dans le P.N.T.H (canton Rond-Point)

(Photo prise le 14/03/2018).

### 1.1. Taxonomie

Selon EMBERGER (1960), la classification du cèdre de l'Atlas est comme suivant :

- Embranchement** : spermaphytes ;
- **Sous embranchement** : gymnospermes ;

- *Classe* : vectrices ;
- *Ordre* : coniférales ;
- *Sous ordre* : abietales ;
- *Famille* : pinacées ;
- *Sous famille* : abietees ;
- *Genre* : *Cedrus* ;
- *Espèce* : *Cedrus atlantica*.

## 1.2. Caractères botaniques

Le cèdre de l'Atlas est une espèce résineuse au fût droit pouvant atteindre 40m de hauteur avec une cime pyramidale s'étalant avec l'âge, elle pousse vite et elle a une longévité de plusieurs siècles de 2 à 5 (BECKER et *al.*, 1983; DEBAZAC, 1991 ; JACAMON, 2001; RIOU-NIVERT, 2001).

- *Enracinement* : pivotant et profond ;
- *Ecorce* : lisse et brune dans sa jeunesse puis brune grisâtre avec des petites écailles grises foncées ;
- *Ramification* : rameaux longs et agencés en rosettes sur les rameaux courts, ils sont de couleur grise jaunâtre ;
- *Bourgeons* : sont petits, ovoïde-globuleux de couleur brune jaunâtre ;
- *Aiguilles* : des aiguilles sont persistantes (fig.02), moins de 20 à 25mm de longueur, rigides ,pointues , vertes ou glauques ont une durée de vie de 03 à 04 ans, elles sont soudées et isolées sur les rameaux longs et par rosettes annuelles superposées et serrées sur les rameaux courts ;
- *Inflorescence* : il y'a deux inflorescence mâle et femelle. L'inflorescence mâle est de couleur jaune verdâtre présente des chatons cylindriques et l'inflorescence femelle est de couleur verte pâle présente des chatons ovoïdes dressés. Sa floraison devient complète à l'automne ;
- *Fruit* : sont des cônes dressés de 5 à 8 cm de long, verts avant sa maturité puis bruns cylindriques ;
- *Graine* : elle a une forme subtriangulaire qui est cunéiforme à la base de 10 à 14 mm de longueur et tendre et très résineuse à ailes larges ;

-*Bois* : Son bois est d'une meilleure qualité, sans canaux, riche en résine et très odorant, a une couleur brune jaunâtre ou rosé, il est mi-lourd et cassant.

- *la croissance* : reprise difficile, production de 03 à 12 m<sup>3</sup>/ha/an, âge d'exploitabilité de 80 à 100ans.



**Figure 02** : Cônes, aiguilles, ailes, graines et tronc du cèdre de l'Atlas du P.N.T.H.  
(Photo prise le 14/03/2018)

### 1.3. Régénération

La régénération naturelle du cèdre commence à l'âge de 30 ans (la maturité sexuelle), il régénère par la désarticulation des cônes quand les conditions sont favorables (nécessite le gel, l'humidité, les hautes altitudes et pas trop de concurrence herbacée), les semis de 01 an sont très sensible à la sécheresse et aux gelées tardives (GUYON, 1998).

### 1.4. Ecologie

Le cèdre s'adapte aux conditions climatiques méditerranéennes comme suit :

-**Sol** : il accepte tous les types de roche mère (pH 4-8), il préfère les sols éboulis et caillouteux, les sols calcaire et les sols développés sur substrats rocheux fissuré où ses racines peuvent s'étaler et assure une bonne croissance, il supporte aussi les terrains superficiels et redoute les sols plus argileux et les sols asphyxiants (GUYON, 1998).

-**Climat** : les conditions favorables pour la croissance du cèdre se trouvent dans l'étage méditerranéen humide (Rif), subhumide (Moyen-Atlas) et semi-aride (Aurès, Grand-Atlas oriental) (DEBAZAC, 1991).

-**Température** : il tolère les hivers froids tant que la température ne descend pas en dessous de -20°C.

**-Précipitation** : 600mm /ans (RIOU-NIVERT, 2005).

**-Vent** : il peut résister au vent ou résistance mal connue (RIOU-NIVERT, 2005).

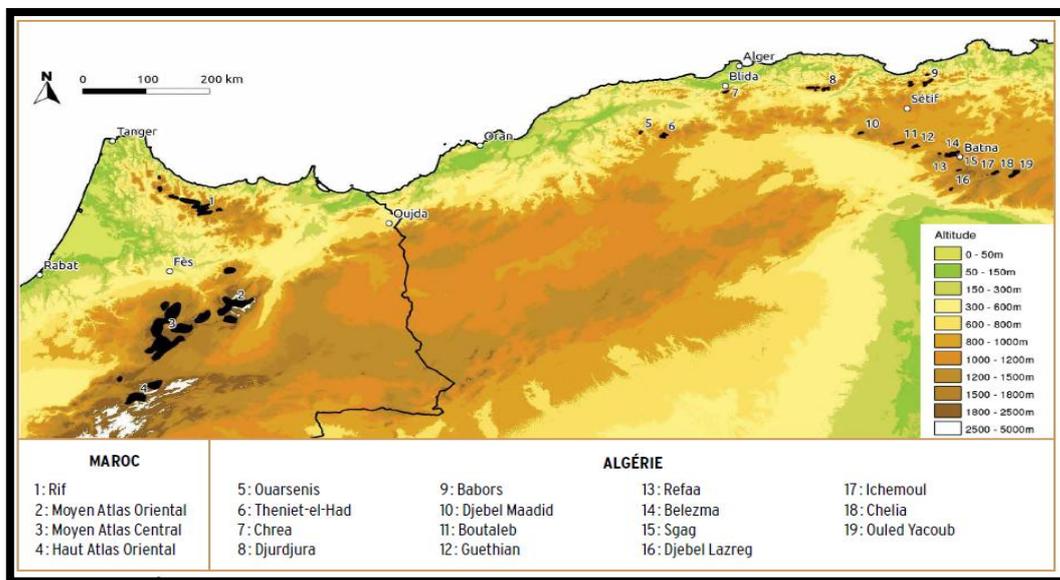
**-Altitude** : 1200 à 2800m sur versants atlantiques ou méditerranéens, il mélange en basse altitude avec le chêne vert et en haut avec le chêne zèen, le Sapin méditerranéen et le Genévrier thurifère selon les endroits (JACAMON, 2001).

### 1.5. Répartition

*Cedrus atlantica* occupe naturellement les montagnes de l'Afrique du Nord (fig.03) :

\*- **En Algérie** : il repartit dans des massifs montagneux divers : de l'Ouarsenis, Theniet El Had, de l'Atlas mitidjien, des Babors, du Hodna et des Aurès. Il se rencontre entre 1400 et 2200m d'altitude (DEBAZAK ,1991).

\*- **Au Maroc** : il se trouve dans le Rif au-dessus de 1400m d'altitude sur les versants atlantiques et de 1600 sur les versants méditerranéens, dans les massifs du Moyen-Atlas central et dans le haut Atlas oriental, il représente une altitude de 1600 à 2200m (DEBAZAC, 1991 ; JACAMON, 2001).



**Figure 03** : Distribution du cèdre de l'Atlas dans l'Afrique du Nord, en noir (COURBET et al., 2012).

\*- **Dans le monde** : Au milieu de XIX ème siècle, le cèdre a été introduit en France comme essence de reboisement dans les montagnes méridionales : Ventoux, Rialsesse (Aude) jusqu'en Côte d'Or, Périgord Chrentes limité par un climat trop brumeux et une température

de -20°C où il se rencontre entre 600 et 1100m d'altitude (GUYON ,1998 ; JACAMON, 2001).

### 1.6. Intérêt

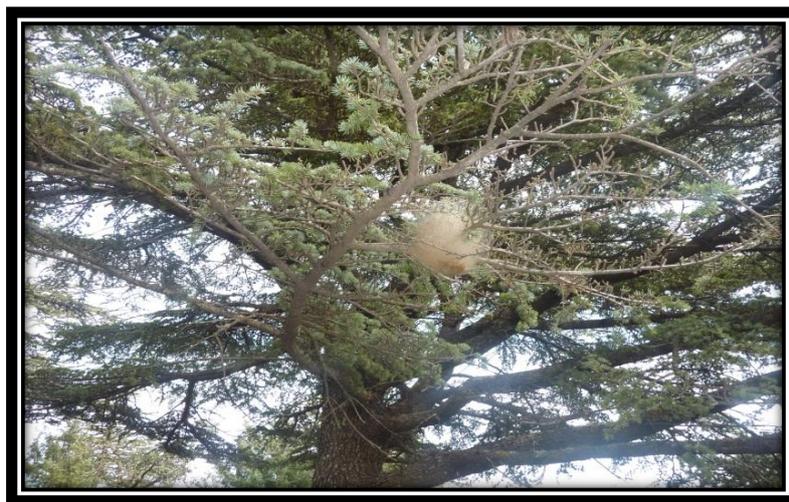
Grâce à son bon bois, il est utilisé pour la construction de prestige (charpente, menuiserie), l'ameublement et pour l'esthétique. C'est une essence de reboisement et reconstitution des milieux forestiers dégradés grâce à sa capacité de dissémination artificielle (GUYON, 1998), il est mauvais comme bois de chauffage, il peut fournir de la térébenthine et il est utilisé dans l'ébénisterie et l'ornement des parcs (BECKER et *al.*, 1983 ; ANONYME ,2007).

### 1.7. Ennemies

Le cèdre est sensible aux abrutissements des lapins et des lièvres dans son jeune âge. Ses principaux ennemis sont des insectes (fig.04) (chenilles processionnaires des pins, tordeuse et Puceron du cèdre), des fourmis et des champignons parasites des racines (ANONYME, 2007).

FABRE et *al.*, (1999) a signalé qu'il y a plusieurs ennemies du cèdre tel que:

- Acleris undulana* , *Epinotia algeriensis* : elles s'attaquent les aiguilles ;
- *Scolytus numidicus* : Il creuse ses galeries de préférence dans les branches ;
- Cryphalus. piceae* : attaque des arbres jeunes ou âgés en pleine sève, il creuse ses galeries dans les branches ou les troncs ;
- *Megastigmus pinsapinis* : attaque les cônes par suite les graines ;
- *Phloeosinus cedri* : il creuse ses galeries dans les branches ou les troncs ;
- Callidium cedri* ,*Buprestidae*: attaquent le cèdre en cours de dépérissement en creusant dans le bois des galeries très impressionnantes qui affectent aussi le phloème et le phelloderme ;
- Urocerus augur* : provoque des dégâts sur le cèdre en creusant des galeries circulaires très profondes dans le bois ;
- *Cinara cedri* (puceron) : se développe sur les rameaux et le tronc ;
- *Cedrobium laportei* : se développe sur les extrémités des rameaux, et les aiguilles.



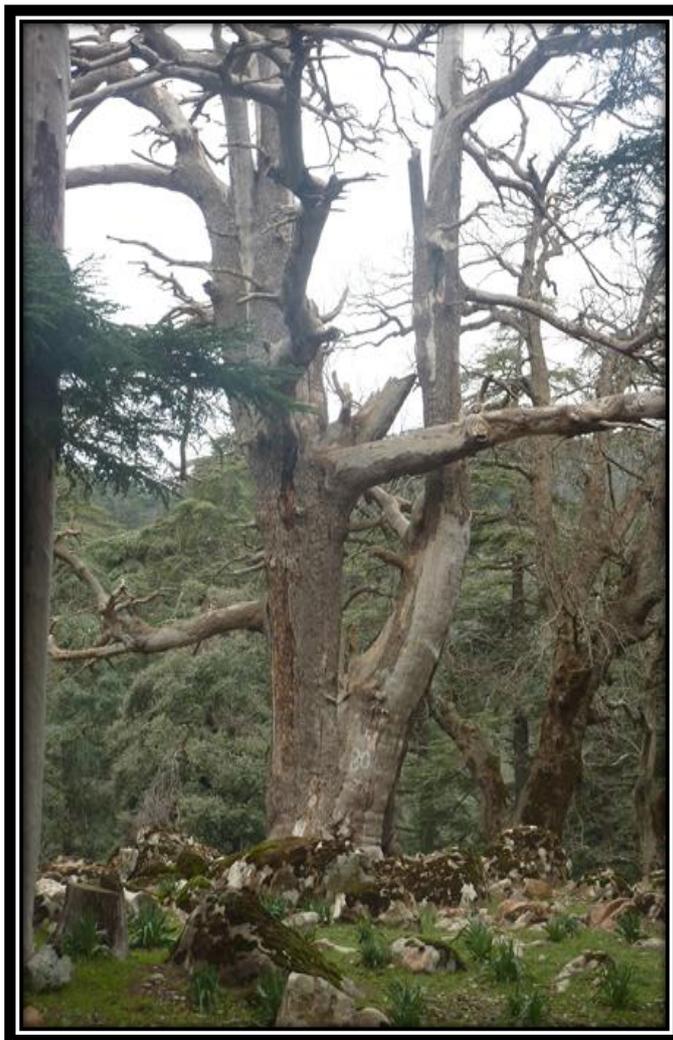
**Figure 04 :** Chenille du cèdre de l'Atlas dans le P.N.T.H (photo prise le 14/03/2018).

### 1.8. Dépérissement du cèdre de l'Atlas

Le dépérissement est un phénomène complexe qui touche les arbres forestiers dont des facteurs responsables très diversifiés biotiques ou abiotiques, il constitue un fléau majeur menaçant la pérennité des cédraies. L'indice du dépérissement, basée sur la densité de feuilles et le taux de mortalité des branches (MOUNA, 2009 ; TALEB et *al.*, 2016).

Selon les études de BENTOUATI (2008), La sécheresse a des conséquences directes sur les propriétés et sur le régime hydrique des sols, c'est un facteur de déclenchement du dépérissement du cèdre de l'Atlas. La succession des années particulièrement déficitaires en précipitations et les températures élevées semblent être donc la raison principale de la mortalité des arbres.

La figure 05 montre le phénomène de dépérissement dans le canton Rond-Point du parc national de Theniet El Had.



**Figure 05** : Cèdre dépéris dans le canton Rond-Point du parc national de Theniet El Had (Photo prise le 14/03/2018).

*Chapitre 02*  
*Généralités sur le sol*

## 2. Généralités sur le sol

Le sol est un corps naturel qui couvre la partie extérieure de la surface terrestre constitué de matière minérale et organique après la décomposition et l'altération des roches par des processus physiques et chimiques, il est influencé par l'activité et l'accumulation des résidus des espèces biologiques, il est composé par des horizons d'épaisseur variable, qui diffère du matériau sous-jacent par sa morphologie, ses propriétés physiques et chimiques, sa composition et ses caractéristiques biologiques (HILLEL, 1988 ; CALVET, 2013).

### 2.1. Phases du sol

Le sol comporte les trois phases suivantes (ROBITAILE et TREMBLAY, 1997 ; CALVET, 2013) :

- a- phase solide : constituée de particules minérales qui peuvent être observées à l'œil nu ;
- b- phase liquide : constituée de l'eau qui est déterminée comme un siège de plusieurs transformations physico-chimiques et chimiques et qui occupe les vides entre les particules ;
- c- phase gazeuse : constituée de l'air qui occupe les vides entre les particules solides et détermine plusieurs phénomènes (les échanges avec l'atmosphère, la respiration des organismes vivants du sol et les échanges entre la solution et l'atmosphère du sol).

### 2.2. Types du sol

Selon la dimension des particules du sol, il y'a deux grands types (ROBITAILE et TREMBLAY, 1997) :

**2.2.1. Sols à gros grains :** comprennent les sols dont des particules visibles à l'œil nu, leur diamètre est supérieur à 0.08 mm :

**a. Les cailloux (80 à 300 mm) et les blocs (>300 mm) :** sont des particules qui sont caractérisées par une très grande perméabilité. Ils sont utilisés pour les grands travaux de génie tel que les barrages en terre et les aménagements portuaires ;

**b. Le sable (0.08 à 5mm) et le gravier (5 à 80 mm) :** sont des particules qui présentent une bonne perméabilité, il est utilisés comme matériaux de fondations dans nombreuses ouvrages de génie (routes, bâtiments, pistes d'atterrissage).

**2.2.2. Sols à grains fins :** comprennent les sols dont les particules invisibles à l'œil nu, leur diamètre varie entre 1 nm ( $10^{-6}$  mm) à 0.08mm :

**a. Le silt (0.002 à 0.08mm) :** est composé de fines particules de roc, il est observé par la loupe ou le microscope optique (il est constitué de très petites particules de quartz grossièrement sphériques), il a une perméabilité très faible ;

**b. L'argile (<0.002 mm) :** est constitué de particules cristallines qui proviennent de la décomposition chimique des constituants du roc, il est imperméable et il est utilisé comme matériaux d'étanchéité dans le noyau des barrages en terre ou des digues, il est caractérisé par la cohésion.

### 2.3. Caractéristiques physiques et physico-chimiques du sol

#### 2.3.1. Structure

La structure c'est le mode d'arrangement et d'assemblage des particules du sol (fig. 6), elle est observée à l'échelle macroscopique (à l'œil nu) ou à l'échelle microscopique (microstructures ou micromorphologies), la solidité et la résistance de ces assemblages détermine la stabilité structurale. Il y'a 03 types de structure du sol (DUCHAUFOR, 1988 ; BAIZE et JABIOL, 1995 ; ROBITAILLE et TREMBLAY, 1997 ; CALVET, 2013) :

- la structure des sols pulvérulents ;
- la structure des sols cohérens ;
- la structure combinée.



**Figure 06 :** Structure du sol (Photo prise le 18/03/2018).

### 2.3.2. Texture

La texture est un jugement global de propriété d'un matériau faite grâce à des sensations tactiles exprimée sous la forme d'une dénomination et pouvant permettre l'analyse granulométrique, on distingue 02 types de texture : une texture minérale (la proportion des sables, limons et argiles) et une texture organique qui reflète la proportion de fibres et de matériel fin micro agrégé dans les matériaux holorganiques (fig.7) (BAIZE et JABIOL, 1995 ; GOBAT et *al.*, 2003).



Figure 07 : Texture du sol (Photo prise le 19/03/2008).

### 2.3.3. pH

Le pH c'est le mode d'expression de la concentration en ions H<sup>+</sup> de la solution du sol (DUCHAUFOR, 1988).

### 2.3.4. Humidité ou la teneur en eau

L'humidité est la quantité d'eau retenue dans le sol. Elle est déterminée par le rapport entre la masse de l'eau et la masse des grains solides contenus dans certain volume du sol. Elle est exprimée par la formule suivante (BAIZE et JABIOL, 1995 ; ROBITAILLE et TREMBLAY, 1997 ; CALVET, 2013) :

$$W(\%) = M_w/M_s \times 100 \quad \text{avec :}$$

**W**: la teneur en eau ;

**M<sub>w</sub>** : masse de l'eau ;

**M<sub>s</sub>** : masse des grains solides.

### 2.3.5. Porosité

La porosité est définie comme un indice du volume relatif des pores dans le sol, elle concerne la réserve en eau, la circulation des fluides (air et eau) et les possibilités d'enracinement, sa valeur est variée entre 0.3 et 0.6 (HILLEL, 1988 ; BAIZE et JABIOL, 1995). Les sols à grosse texture sont moins poreux que les sols à texture fine. Elle est déterminée par la formule suivante :  $f = V_f/V_t = V_a + V_w / V_s + V_a + V_w$  ;

$V_t$  : volume total du sol ;

$V_a$  : volume d'air ;

$V_s$  : volume du solide ;

$V_w$  : volume des pores.

### 2.3.6. Perméabilité

La perméabilité c'est la faculté d'un sol à laisser passer l'eau à travers ses pores, plus le sol a des grosses particules plus la circulation de l'eau est rapide et le sol devient plus perméable (ROBITAILLE et TREMBLAY, 1997).

### 2.3.7. Température

Le sol a des températures différentes au même instant en raison de son hétérogénéité et son épaisseur. La structure, l'humidité, la couleur, le temps et la végétation du sol peuvent influencer la transmission de la chaleur (DUCHAUFOR, 1988 ; GOBAT *et al.*, 2003 , CALVET ,2013).

### 2.3.8. Densité

La densité c'est le rapport entre la masse d'un certain volume de matériau et la masse d'un égal volume d'eau à une certaine température de référence (HILLEL, 1987) :

- densité de solide (densité moyenne des particules)  $p_s$  : dans les sols minéraux, la densité moyenne des particules varie entre 2.6 et 2.7 g/cm<sup>3</sup> (la présence de la matière organique diminue la valeur de  $p_s$  :  $p_s = M_s / V_s$  ;

$M_s$  : la masse de solide ;

$V_s$  : le volume de solide.

- densité apparente à l'état sec  $p_b$  : c'est le rapport entre la masse des particules sèches et le volume du sol  $P_b = M_s / V_t = M_s / V_s + V_a + V_w$  ;

$M_s$  : la masse de solide ;

$V_t$  : le volume total du sol ;

$V_s$  : le volume de solide ;

$V_a$  : le volume d'air ;

$V_w$  : le volume d'eau.

- densité apparente totale (ou humide)  $p_t$  : c'est le rapport entre la masse totale d'un sol humide et le volume, elle est exprimée par :  $p_t = M_t/V_t = M_s + M_w / V_s + V_a + V_w$  ;

$M_w$  : la masse d'eau ;

$M_s$  : la masse de solide ;

$V_t$  : le volume total du sol ;

$V_s$  : le volume de solide ;

$V_a$  : le volume d'air ;

$V_w$  : le volume d'eau.

### 2.3.9. Couleurs

La couleur c'est un caractère très significatif permet de distinguer les différents horizons du sol, chaque couleur représente l'état et les constituants de la couche et n'importe quelle modification ou changement au niveau de cette dernière transforme sa couleur (BAIZE et JABIOL, 1995).

### 2.3.10. Humus

L'humus c'est l'ensemble des couches constituées dans le sol et qui contient de la matière organique, on distingue une couche holorganique (la litière) et des couches organo-minérales (les horizons A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub> et B) (DUCHAUFOR, 1988 ; BONNEAU et SOUCHIER, 1994, JABIOL et al., 2009).

### 2.3.11. Calcaire

Le calcaire c'est une roche sédimentaire carbonatée contenant au moins 50% de CaCO<sub>3</sub> (BAIZE et JABIOL, 1995).

### 2.3.12. Organismes vivants

Les organismes vivants déterminent tous les groupes connus des micro-organismes (bactéries, champignons, algues, protozoaires) et les groupes d'animaux (nématodes, annélides et arthropodes), et aussi les parties souterraines des plantes (tubercules, rhizomes, bulbes, débris des végétaux), chaque organisme participe d'une manière ou d'une autre un rôle dans la formation et l'évolution du sol (FAURIE et al., 1984 ; BONNEAU et SOUCHIER, 1994 ; GOBAT et al., 2003).

### **2.3.13. Analyse granulométrique**

L'analyse granulométrique c'est une méthode qui permet de déterminer la distribution de la taille des particules du sol, elle est basée généralement sur le tamisage (la séparation et le classement des tailles des particules à l'aide des tamis calibrés jusqu'à un diamètre de particules de 0.05 mm) (HILLEL, 1988).

*Chapitre 03*  
*Zone d'étude*

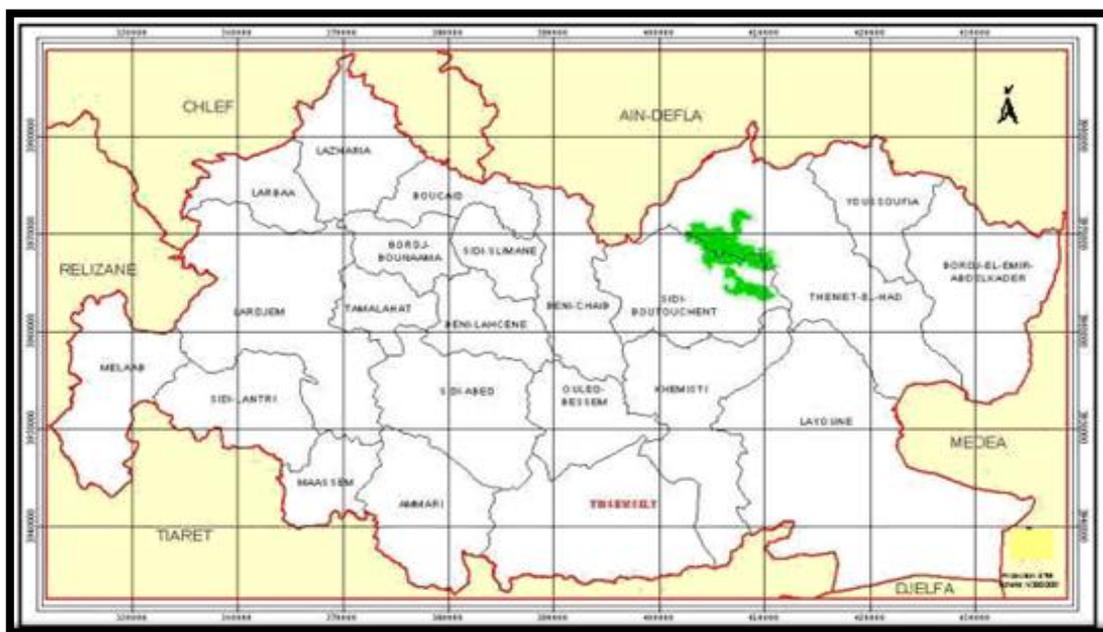
### 3. Cédraie de Theniet El Had

#### 3.1. Historique de la cédraie

- En avril 1843, le génie militaire entama une exploitation des beaux peuplements de cèdres, sous la participation du service forestier (P.N.T.H ,2006) ;
- En 1887, le délégué financier Jordan visita cette superbe magie naturelle et il a décidé de construire le chalet du Rond-Point et l'utilisa durant 36 ans pour passer leur vacances avec sa famille (P.N.T.H ,2006) ;
- En 03 août 1923, le gouvernement général de l'Algérie a créé le premier parc national algérien grâce à la valeur artistique de la cédraie de Theniet El Had et qui occupe une surface de 1563 ha et sa surveillance sous l'effort du service forestier (P.N.T.H ,2006) ;
- En 23 juillet 1983, par le décret 83-459, le gouvernement algérien a annoncé la protection de la cédraie de Theniet El Had avec une superficie de 3424 ha (P.N.T.H ,2006).

#### 3.2. Superficie et localisation géographique

Le P.N.T.H de la wilaya de Tissemsilt est un massif montagneux qui se situe près de la ville de Theniet El Had (fig.8), sur le versant sud de l'Atlas tellien et qu'il s'étale jusqu'au grand massif de l'Ouarsenis, sur une surface de 3424 ha. Il forme un passage obligé entre les montagnes de l'Ouarsenis et les plaines du Sersou où se trouve le point culminant de Ras-El-Braret avec une altitude de 1787 m et un point moins élevé de 862 m (P.N.T.H, 2006).



**Figure 08** : Situation du parc national de Theniet El Had dans la wilaya de Tissemsilt (P.N.T.H, 2006).

### 3.3. Objectifs de la création du parc national de Theniet El Had

La cédraie de Theniet El Had représente une des plus belles cédraies de l'Algérie, elle est créée comme un parc national pour préserver et protéger la cédraie, protéger et développer les espèces animales et végétales, développer et organiser les recherches scientifiques, sensibiliser les visiteurs aux divers aspects de protection de la nature et pour conserver les écosystèmes, les paysages et les richesses culturelles de la région (BOUAZZA, 2011 ; Taleb et *al.*, 2016).

### 3.4. Conditions climatiques

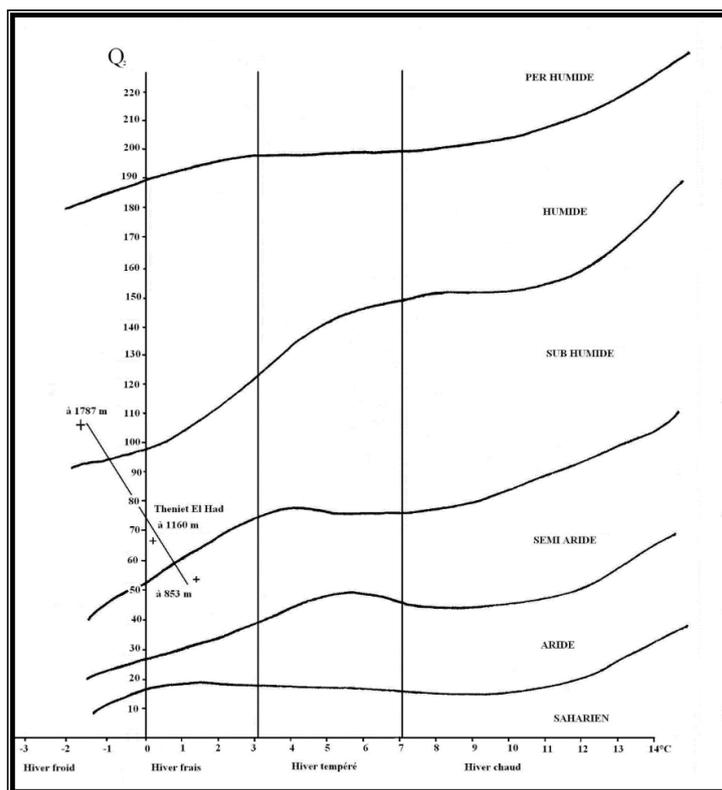
La classification écologique des climats se base sur les températures et la pluviosité. La température c'est un facteur limitant très important pour la répartition des espèces dans la biosphère. Elle dépend de l'exposition, du sol et selon la végétation. Elle est exprimée en (°C) et caractérisée par sa variété et ses moyennes (PARADIS, 1979 ; FAURIE et *al.*, 1984 ; RAMADE, 2003 ; HUBER et PARCEVAUX, 2007).

#### 3.4.1. Précipitation

La précipitation est un facteur écologique plus important du climat exprimé en (mm), qui joue un rôle fondamental dans le fonctionnement et la répartition des écosystèmes terrestres. C'est le résultat de la condensation de la vapeur d'eau de terre et de mer dans l'atmosphère, elle conditionne l'humidité de l'air et elle est liée aux rayonnements solaires (PARADIS, 1979 ; FAURIE et *al.*, 1984).

L'absence de poste météorologique au niveau de la ville de Theniet El Had cause un problème majeur par le manque de données climatiques récentes à l'exception des données climatiques de SELTZER (1946) qui sont très anciennes.

D'après la formule d'EMBERGER proposée pour la région méditerranéenne, la zone d'étude est retenue être soumise à l'étage bioclimatique subhumide à hiver froid (fig.9) (BOUAZZA, 2011).



**Figure 09 :** Localisation de la zone d'étude dans le climagramme d'EMBERGER.

### 3.4.2. Neige

La neige est un facteur écologique qui caractérise les milieux subpolaires et montagnards où l'altitude varie de 500 à 900m, elle exerce des actions biologiques variées par la couverture et la protection de la végétation mais elle est dangereuse lorsqu'elle est lourde, humide et collante, les dégâts sont généralement des chablis (RAMADE, 2003; RIOU-NIVERT, 2005).

Le parc de Theniet El Had a soumis à un chablé sévère durant l'année 2016 où on a observé la destruction d'un nombre important des arbres.

### 3.4.3. Vent

Le vent c'est un facteur écologique qui peut limiter le développement de la végétation et modifier le climat car il abaisse les températures (PARADIS, 1979 ; GUINIER, 1995 ; RAMADE, 2003).

Les vents dominants dans le parc sont ceux de direction NW, N et W.

### 3.5. Conditions édaphiques

Le sol a une grande importance, parfois supérieure à celle du climat, il commande aux végétaux par ses propriétés physiques et chimiques (GUINIER, 1995).

Au niveau du parc, il y'a trois types de sols : sols peu évolués, minéraux bruts et brunifères.

### 3.6. Source d'eau

Plusieurs sources d'eau y sont signalées dans le parc (BOUAZZA, 2011) :

- Source Ain Harhara (canton Rond-point) ;
- Source Ain Touila (canton Sidi-Abdoun) ;
- Source Djedj Elma (canton Ourtène) ;
- Source Guiguel (canton Kef Sachine) ;
- Source Cheraga (canton Guerouaou) ;
- Source Kenia (canton Fersiouane) ;
- Source Ourtene (canton Ourtène) ;
- Source Toursout (canton Pré-Benchohra) ;
- Source Plate-forme (canton Pépinière).

### 3.7. Géologie

La cédraie du P.N.T.H est caractérisée par des reliefs montagneux accidentés, elle présente trois expositions principales (BOUAZZA, 2011) :

- Le versant sud est d'une forte pente de 25° en moyenne ;
- le versant nord où la pente peut dépasser 40° d'inclinaison à l'exception du canton Pépinière (environ 15°) ;
- Le sommet le plus élevé est de 1787m d'altitude en Ras el Braret et le point le plus bas est de 900m d'altitude dans le versant nord du parc.

### 3.8. Flore

Le parc de Theniet El Had comporte des formations sylvatiques :

Cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica*) qui occupe une surface importante du P.N.T.H ; chêne zeèn (*Quercus canariensis*), chêne vert (*Quercus ilex*), chêne liège (*Quercus suber*), genévrier oxycèdre (*Juniperus oxycedrus*), pistachier de l'Atlas (*Pistachia atlantica*), l'érable Montpellier (*Acer monspessilanum*), le frêne commun (*Fraxinus angustifolia*), l'orme champêtre (*Ulmus campestris*) et le merisier (*Prenus avium*). Et environ 10% de nombre national d'espèces endémiques : on mentionne quelques espèces parmi elles : *Silene glaberrima*, *Spergula pycnorhiza*, *Brassica spinescens*, *Iberis peyerimhoffi*. Aussi, des espèces très rares sont signalées comme : l'Orchis bouffon, l'Orchis guêpe, l'Orchis à punaise, l'Orchis d'Italie et l'Orchis singe, plus de l'agaric champêtre, la chanterelle en

entonnoir, le bolet amer, le polypore soufré, la trémelle gélatineuse l'amanite fauve et le clitocybe à pied en massue (P.N.T.H, 2006).

### **3.9. Faune**

Le P.N.T.H représente une richesse faunistique importante (09 espèces mammaliennes protégées par le décret n°83.509 du 20 août 1983 et par l'arrêté du 17 janvier 1995) : Lynx caracal, chat sauvage, genette, mangouste, belette et porc-épic (P.N.T.H, 2006) ;

Il comporte 95 espèces (60% sont nicheurs) : l'aigle royal, l'aigle de Bonelli, le vautour percnoptère, la buse féroce, le faucon lanier, le guêpier d'Europe, le verdier, le pic vert, le rollier d'Europe et l'engoulevent (P.N.T.H, 2006) ;

Et environ 80 d'espèces d'insectes sont signalées dans le parc (la coccinelle, courtilière, la cétoine dorée, la mante religieuse, le graphosome, la punaise à bouclier, le pyrrhocore, le cérambyx, le machaon, le charançon (P.N.T.H, 2006) ;

Pour les reptiles il y a : La couleuvre de Montpellier, la couleuvre à sabot, la couleuvre vipérine, l'agame de biberon, la tortue grecque, le gecko des roches, le caméléon, commun le lézard, ocellé l'amphisbène (P.N.T.H, 2006) ;

Pour les amphibiens : Le triton, le crapaud, la grenouille verte, la rainette verte (P.N.T.H, 2006).

### **3.10. Actions anthropiques**

#### **3.10.1. Pâturage**

Le pâturage c'est un facteur majeur dans la réduction des forêts dans le monde, il empêche la régénération de la végétation (RAMADE, 2005).

Au niveau du parc on a observé la présence du pâturage que ce soit ovin, bovin ou caprin comme le montre (fig.10).



**Figure 10** : Pâturage dans le canton Rond-point (photo prise le14/03/2018).

### **3.10.2. Dépérissement**

La cédraie de Theniet El Had a connu le phénomène du dépérissement en 1984 où il a touché 3000 arbres de cèdre. Cette situation a poussé les scientifiques de chercher les causes de ce phénomène où plusieurs hypothèses ont été révélées comme les changements climatiques, l'attaques parasitaires, la pollution,.... etc, mais elles ne sont pas confirmées (Taleb et *al.*, 2016).

### **3.11. Présentation de la zone d'étude (canton Rond-Point)**

Le canton Rond-Point c'est le cœur de la cédraie de Theniet El Had, d'une superficie de 436 ha (fig.11). Il représente la grande clairière entourée par des milliers grands cèdres (« Sultan et Sultana » les deux grands cèdres vétérans). Il est caractérisé par une prairie agréable véritable, vision de Suisse ou des Alpes de Savoie. Pas loin de là coule à flots la célèbre source d'Ain Harhar (P.N.T.H, 2006).

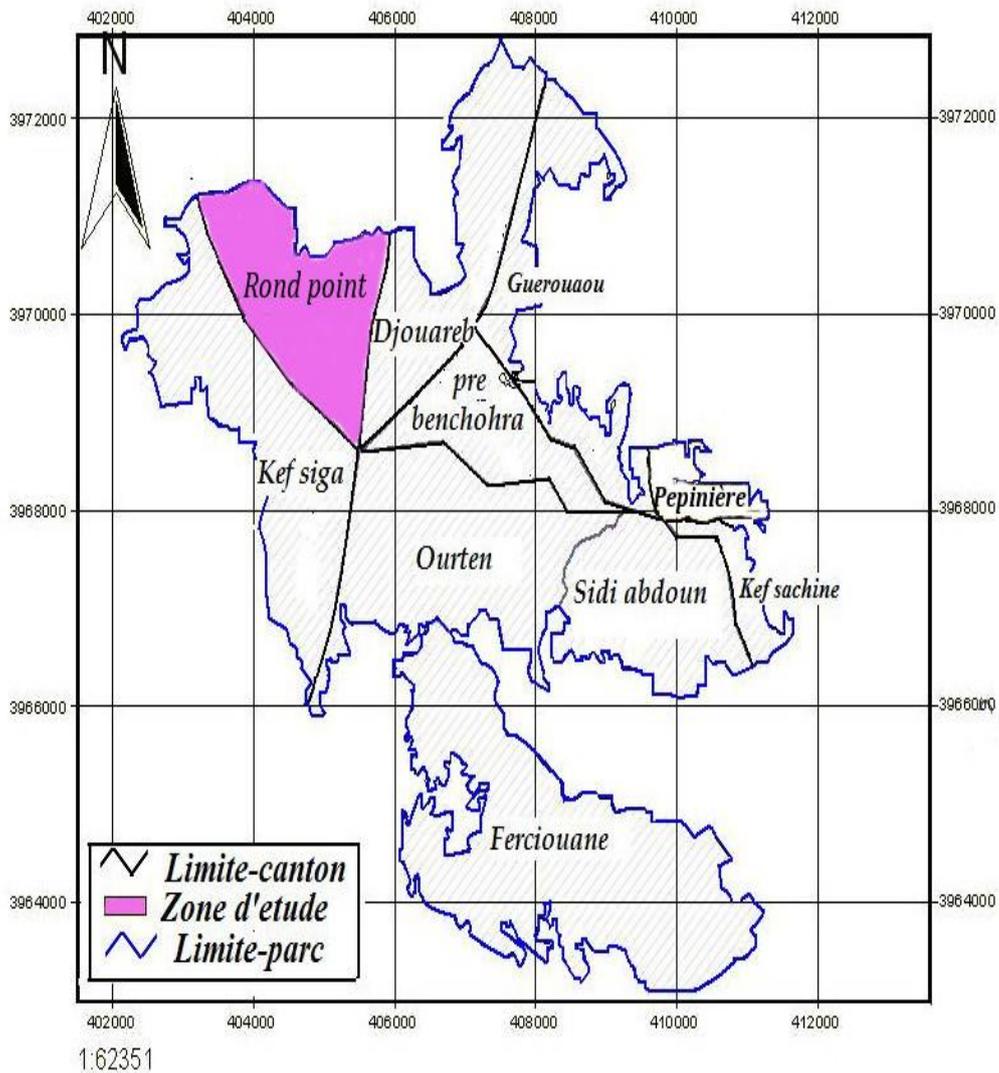


Figure 11 : Délimitation du canton Rond -Point (P.N.T.H., 2006).

*Chapitre 04*  
*Matériels et méthode*

#### 4. Matériels et méthode

L'objet de cette étude est de pouvoir rechercher les caractéristiques physico-chimiques des sols dans un peuplement sain, mixte et dépéris du cèdre de l'Atlas dans le canton Rond-Point du parc national de Theniet El Had.

##### 4.1. Données à récolter

Les données topographiques recensées au niveau de notre zone d'étude sont : l'altitude, l'exposition et la forme du microrelief :

- L'exposition est déterminée à l'aide d'une boussole forestière ;
- L'altitude est déterminée à l'aide d'un GPS ;
- Le microrelief, Il s'agit des formes : concave, convexe ou intermédiaire.



**Figure 12 :** Matériel utilisé pour déterminer les données topographiques (Photo prise le 14/03/2018).

Les échantillons des sols (30 échantillons) ont été prélevés à l'aide d'une tarière pédologique de 5cm×20cm (fig.12) sous trois types du peuplement du cèdre (sain, dépéris et mixte) et ont été mis dans des sacs en plastique avec des étiquettes. Les échantillons sont été acheminés au laboratoire de pédologie de la faculté pour faire des analyses physico-chimiques.



**Figure 13** : Prélèvement du sol à l'aide d'une tarière pédologique  
(Photos prise le 14/03/2018).

#### 4.2. Conditions de prélèvement

- \* Les divers prélèvements sont réalisés de préférence à l'aide d'une tarière de 5cm×20cm ;
- \* Utiliser du matériel propre et lavé à l'eau au préalable ;
- \* Entre chaque prélèvement, enlever au maximum le sol restant sur la tarière afin d'éviter la contamination avec le prélèvement suivant ;
- \* Chaque préparation a été faite par un ou plusieurs échantillons selon le peuplement ;
- \* Les échantillons prélevés ont été séchés à l'air libre pendant plus de quarante-huit heures, puis broyés et tamisés à 2mm en terre fine (fig.14).



Séchage (A)



Broyage (C)

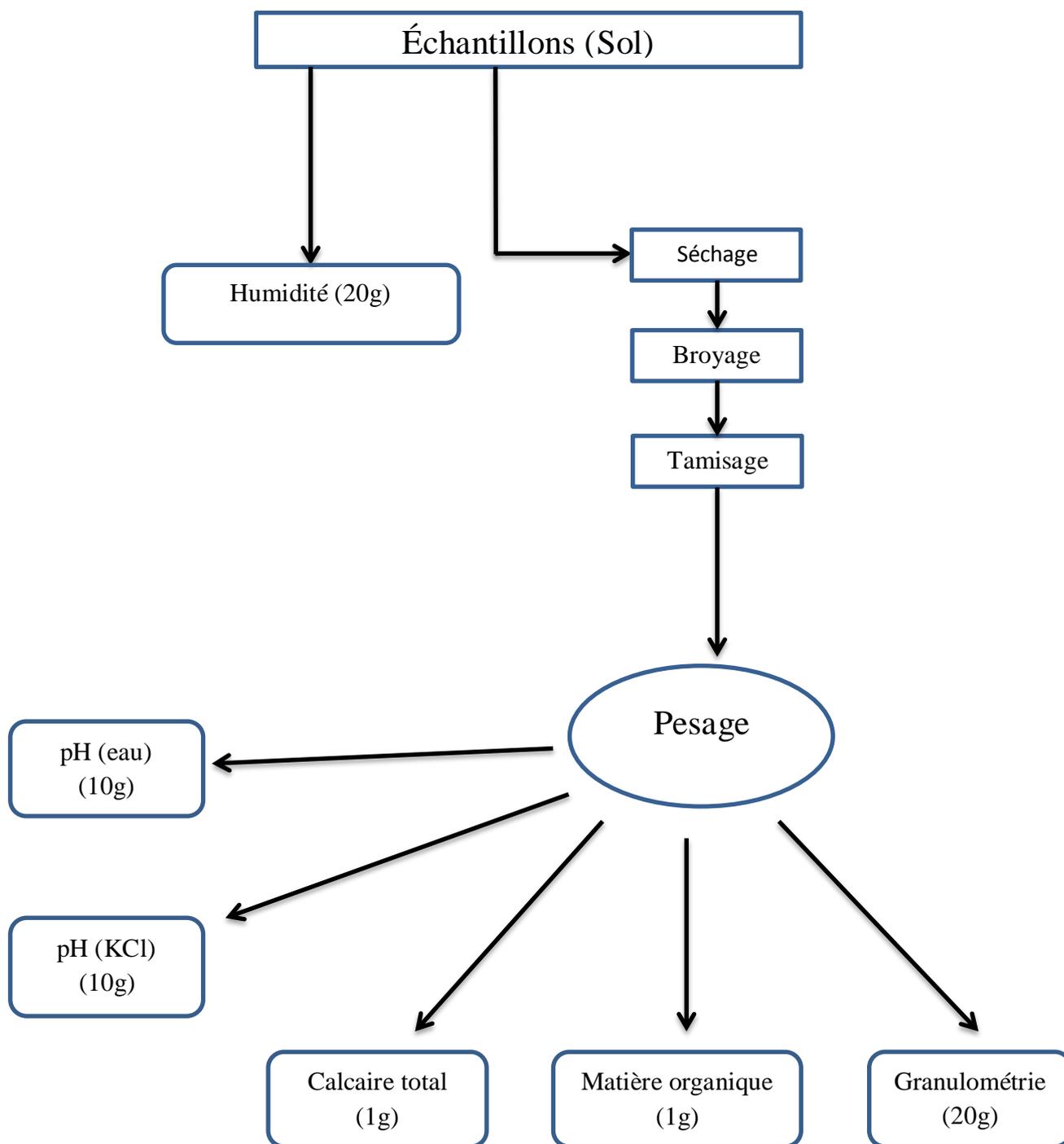


Tamissage (B)

**Figure 14** : Séchage, broyage et tamissage des échantillons du sol (Photo prise le 16/03/2018).

#### 4.3. Analyses physico-chimiques

Toutes les analyses ont été effectuées aux laboratoires de pédologie et de l'écologie de l'université de Tiaret, elles comportent les déterminations suivantes : humidité, texture, pH (eau), pH (KCl), taux de calcaire, taux de la matière organique et la granulométrie, selon le protocole expérimental suivant (fig.15) :



**Figure 15 :** Organigramme de la préparation et de l'analyse des échantillons de sol.

### 4.3.1. Matériels utilisés

- \* Le pH est déterminé à l'aide du pH-mètre ;
- \* Le taux du calcaire est mesuré à l'aide d'un calcimètre de BERNARD par la méthode volumétrique ;
- \* Le carbone organique est déterminé par la méthode ANNE ;
- \* La matière organique est identifiée à travers la formule suivante :  $MO (\%) = CO \times 1.72$  ;
- \* D'autres matériels utilisés : Tamis, Agitateur magnétique, Eprovettes, Fiole jaugée, Capsules, Chronomètre, Etuve, Balance, Erlenmeyer à colle rodé, Bicher, Entonnoir, Mortier, pipette de ROBENSON et cylindre (1000 ml).

### 4.3.2. Méthode d'analyse

#### 4.3.2.1. Humidité

Humidité dépend de plusieurs facteurs de la quantité d'eau tombée du nombre de jours de pluie, de la forme de ces précipitations (orage ou pluie fine), de la température, du vent et de la morphologie de la station considérée (FAURIE et *al.*, 1984).

#### Mode opératoire

-Avant le séchage des échantillons, il faut :

- Peser 20g de terre humide dans des capsules (fig.16(A)) ;
- Mettre ces capsules (remplies) dans l'étuve durant 24 heures (fig.16(B)) ;
- Calculer l'humidité par la formule suivante :

$$\text{Humidité du sol (\%)} = (\text{masse humide} - \text{masse sec}) / \text{masse sec} \times 100$$



(A)



(B)

**Figure 16** : Séchage des échantillons du sol à l'étuve durant (24 h)  
(Photo prise le 18/03/2018).

#### 4.3.2.2. Mesure du pH (eau) et pH (KCl)

L'indice de pH traduit le degré d'acidité ou de basicité du milieu (FAURIE *et al.*, 1984). Le pH est une valeur mesurée au laboratoire il peut être déterminé soit avec un pH mètre ou bien un liquide spécial, le référentiel pédologique 1992 propose 07 classes (Annexe 02). Plus le pH d'un horizon est bas, plus le taux de saturation risque est bas (BAIZE et JABIOL, 1995).

##### Mode opératoire du pH (eau)

- Prendre 10 g de terre plus 50 ml d'eau distillée ;
- Agiter 5 minutes puis laisser reposer 30 minutes (fig.17(A)) ;
- Introduire l'électrode dans le surnageant (fig.17(B)) ;
- Lire le chiffre le temps qu'il est stable.



-A-



-B-

Figure 17 : Mesure du pH (photo prise le 21/03/2018).

##### Mode opératoire pH (KCl)

Le même mode opératoire pour mesurer le pH (KCl) mais au lieu d'utiliser l'eau distillée, on utilise la solution KCl (préparer par 1000 ml d'eau distillée + 7,455g KCl poudre).

#### 4.3.2.3. Dosage du calcaire total

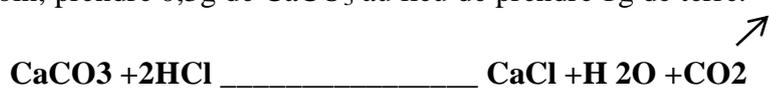
Le calcaire c'est une roche sédimentaire carbonatée contenant au moins 50% de  $\text{CaCO}_3$  (BAIZE et JABIOL, 1995).

La présence de calcaire dans un sol, dès la surface, provoque une augmentation de la teneur en matière organique totale, ainsi qu'une incorporation de matière organique sur une grande épaisseur (LE TACON, 1978).

**Mode opératoire**

- Peser 1 g de terre fine et la mettre dans le flacon ;
- Remplir au  $\frac{3}{4}$  l'appendice latéral du flacon de HCL ;
- Relier le flacon au calcimètre de BERNARD (fig.18(A)) ;
- Amener au zéro les niveaux de l'eau dans la colonne et dans l'ampoule ;
- Verser l'acide sur la terre et à l'aide de l'ampoule, rétablir le niveau et lire le volume  $V$  de CO<sub>2</sub> dégagé (fig.18(B)) ;

Pour le témoin, prendre 0,3g de CaCO<sub>3</sub> au lieu de prendre 1g de terre.



Le volume du CO<sub>2</sub> dégagé est proportionnel à la quantité de carbonate de calcium existante dans l'échantillon analysé :

**Taux de CaCO<sub>3</sub> (%) = (P'xV) / (PxV) x100**

- **P** : poids de l'échantillon (en gramme) ;
- **P'** : poids de CaCO<sub>3</sub> ;
- **V** : volume de CO<sub>2</sub> dégagé par l'échantillon ;
- **v** : volume de CO<sub>2</sub> dégagé par CaCO<sub>3</sub>.



(A)



(B)

**Figure 18 :** Mesure de CaCO<sub>3</sub> à l'aide du Calcimètre de BERNARD

(Photo prise le 02/04/2018).

#### 4.3.2.4. Matière organique

La teneur en matière organique joue un rôle important dans la fertilité du sol et de nombreuses propriétés. C'est un réservoir de nutriments lentement assimilables et détermine la conservation de la ressource du sol et la productivité végétale. La teneur en carbone organique présent dans le sol est mesuré, puis le résultat obtenu est transformé pour obtenir la matière organique présente en prenant comme référence que 58 % du carbone organique de l'humus du sol constitue la matière organique (FELLER, 1995 ; ANONYME, 2003).

##### Mode opératoire

- Peser 1g du sol, ajouter 10ml de bichromate de potassium et 15ml d'acide sulfurique, puis relier le ballon au réfrigérant ;
- Chauffer et attendre 5 mn après l'ébullition de l'échantillon, enlever le ballon et le laisser refroidir ;
- verser le contenu dans une fiole jaugée de 250ml, compléter avec l'eau distillée jusqu'à 250ml ;
- Agiter bien et laisser reposer pendant une demi-heure ;
- Prélever 50ml de la solution et ajouter 1,5ml d'acide phosphorique ( $H_3PO_4$ ) concentré et 03 gouttes de l'indicateur coloré (diphénylamine) ;
- Titrer par sel de Mohr.

Le pourcentage de la matière organique est alors calculé d'après les relations suivantes :

$$C\% = (V' - V) * 0,3$$

$$MO\% = C\% * 1,72$$

- $V'$  : la quantité de sel de Mohr utilisé dans le témoin (sans terre) ;
- $V$  : la quantité de sel de Mohr utilisé dans l'échantillon du sol.

#### 4.3.2.5. Granulométrie

L'analyse granulométrique d'un sol permet de déterminer la proportion et la répartition des particules minérales. Il n'existe pas de méthode parfaite pour déterminer cette analyse. L'exactitude de la méthode dépend de la nature du sol. Elle permet aussi d'estimer la quantité de matières en suspension et la quantité de matières sédimentées lorsque des travaux de dragage sont effectués (BAIZE, 1988 ; ANONYME, 2015).

Les classes granulométriques selon les normes françaises sont mentionnées dans l'annexe 02.

**Mode opératoire**

- Peser 20 g de terre fine, Ajouter 50ml de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> en la laissant agir toute une nuit ;
- Ajouter encore 20ml de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> toute en chauffant sur bain de sable jusqu'à disparité de la mousse ;
- Agiter 2h avec une vitesse de 30à 50 tours/mn ;
- Tamiser la suspension.
- Laver avec de l'eau distillée jusqu'à ce que toutes les particules < 0,05 mm passent à travers le tamis dans le cylindre. Remplir le cylindre avec l'eau distillée jusqu'au trait de 1000 ml;
- Mettre le sable restant dans le tamis dans une capsule de tare et le mettre dans l'étuve à 70°C pendant 24h ;
- Prélever immédiatement (pour la fraction LG, LF, A) ;
- Agiter et laisser 4mn 40 s (pour la fraction LF, A) puis faire le 2<sup>ème</sup> prélèvement ;
- Agiter le cylindre, laisser 4heures (pour la fraction A) puis faire le 3<sup>ème</sup> prélèvement.

# *Résultats et discussion*

## 5. Résultats et discussion

Les analyses physico-chimiques du sol ont pour but de faire un premier diagnostic sur les constituants organiques et minéraux du sol ainsi que Comprendre la dynamique du milieu (BONNEAU et SOUCHIER, 1994 ; MATHIEU et PIELTAIN, 2003).

### 5.1. Texture

L'analyse granulométrique a pour but de quantifier pondéralement les particules minérales élémentaires cristallines groupées en classes et définir la texture ou la composition granulométrique des sols (BONNEAU et SOUCHIER, 1994).

La texture conditionne directement la structure du sol, si la porosité est importante, la proportion d'argile influence la formation du complexe argilo-humique, la capacité d'échange, la fertilité et la profondeur d'enracinement. La texture est une propriété stable, ne change qu'en fonction de l'évolution du sol à long terme (GOBAT et *al.*, 2010).

Les résultats obtenus pour l'ensemble des échantillons révèlent que les différents types de répartition du cèdre de l'Atlas (peuplement sain, mixte et dépéris) sont caractérisés par une texture limoneuse (Annexe 02). Les sols à texture limoneuse correspondent généralement aux terres battantes : leur médiocre stabilité structurale les rend sensibles à la dégradation comme l'érosion hydrique (BONNEAU et SOUCHIER, 1994 ; BAIZE et JABIOL, 1995).

Cette texture n'est pas préféré par le cèdre de l'Atlas, il préfère les sols superficiels, éboulis et caillouteux, les sols calcaire et les sols développés sur des substrats rocheux fissuré où ses racines peuvent s'étaler et assurer une bonne croissance (GUYON, 1998).

### 5.2. Taux d'humidité

Les états de l'eau dans le sol s'analysent en termes d'énergie de liaison avec les matériaux argiles, limons et sables. Le sol est un milieu poreux où la nature, la taille et l'agencement des particules jouent le rôle essentiel dans la rétention de la phase liquide (HUCHON, 1956 ; BONNEAU et SOUCHIER, 1994).

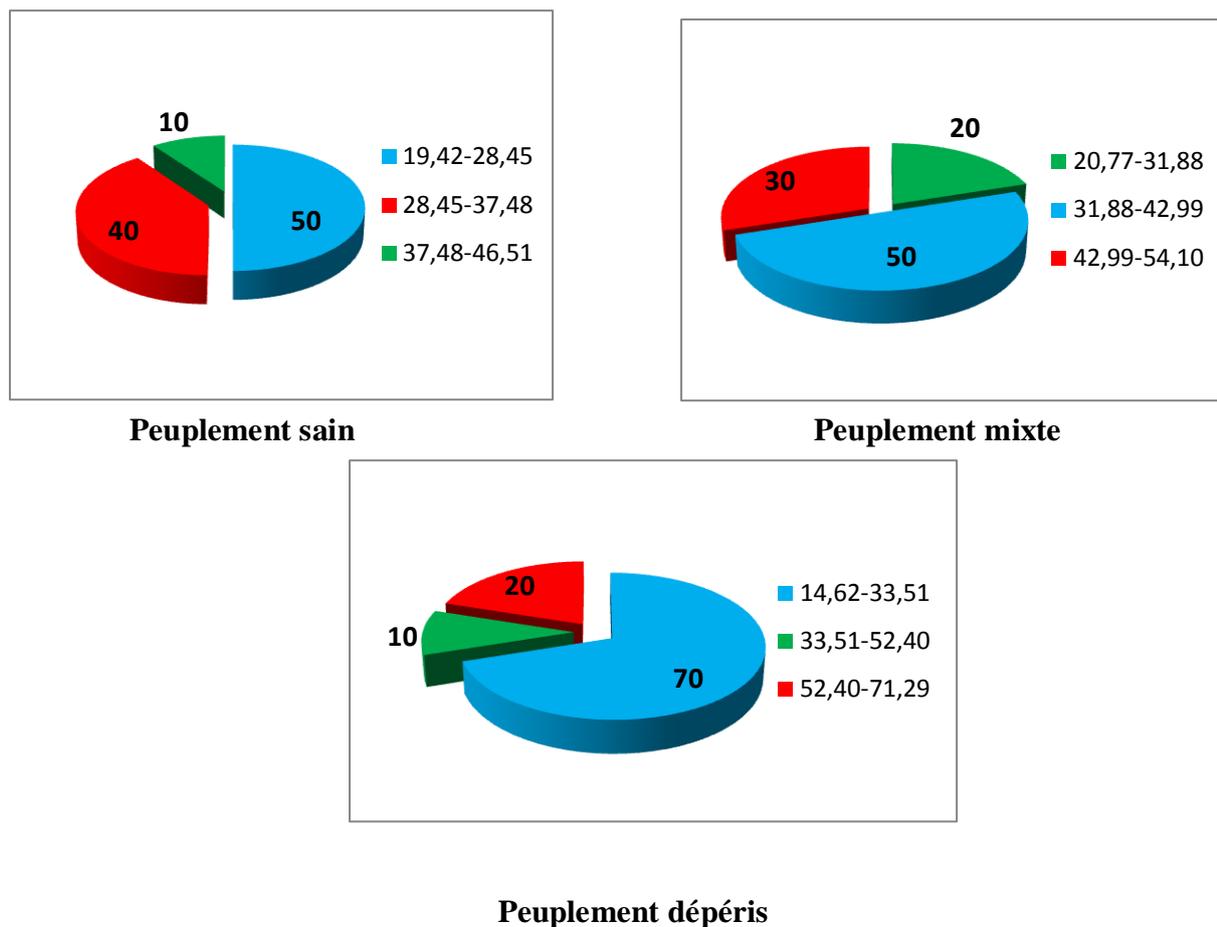
Les valeurs d'humidité qui présentent les caractéristiques statistiques sont enregistrées dans le tableau ci-dessous :

**Tableau 01** : Statistiques descriptives d'humidité.

<b>Statistiques Descriptives</b>	<b>peuplement Sain</b>	<b>peuplement Mixte</b>	<b>peuplement Dépéris</b>
Minimum	19,42%	20,77%	14,62%
Maximum	46,51%	54,10%	71,29%
Moyenne	29,28%	39,36%	33,56%
(CV)	26,28%	25,21%	49,93%

Après le calcul du coefficient de variation, nous observons qu'il y a une différence entre les échantillons du sol, ce qui montre que les échantillons sont hétérogènes ; nous constatons aussi que le taux moyen d'humidité du peuplement mixte est plus élevé (39,36%) que le peuplement sain (29,28%).

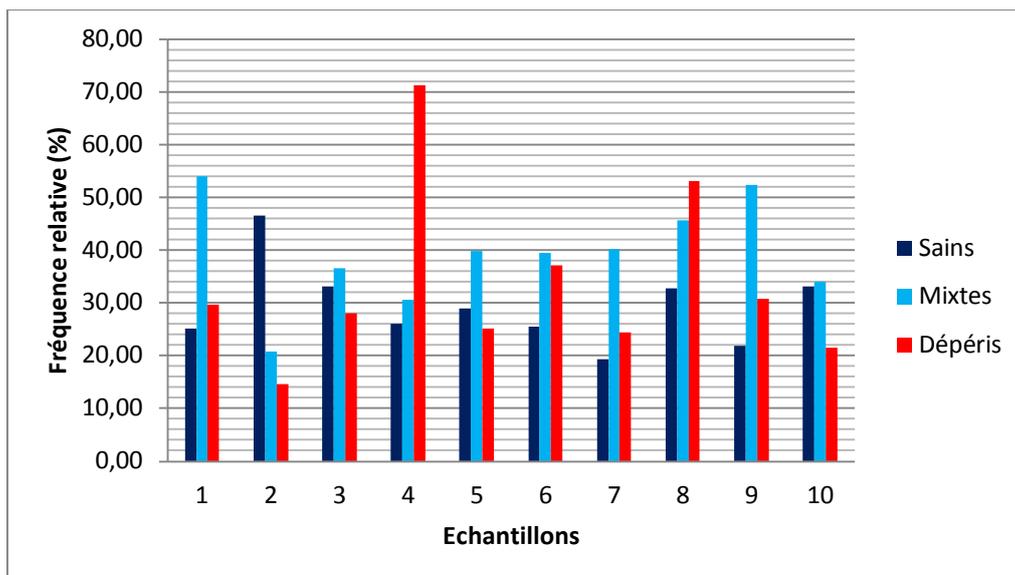
La figure 19 représente une distribution moyenne de trois classes d'humidité pour chaque prélèvement, les échantillons appartenant aux peuplements sain et mixte sont moyennement humide entre (19,42 - 42,99) et leur taux d'humidité est identique (50%), par contre le peuplement dépéris présente un taux très élevé environ 70% dans la classe faiblement humide (14,62-33,51). D'une manière générale, le sol des échantillons sain, mixte et dépéris a une humidité moyenne et cela est expliqué par une précipitation convenable de cette année pluvieuse.



**Figure 19 :** Répartition en % des classes d’humidité des différents types de peuplement du cèdre de l’Atlas.

**5.2.1. Etude comparative entre le taux d’humidité des trois peuplements du cèdre**

A travers la figure 20, nous remarquons une augmentation du taux d’humidité au niveau de l’échantillon 04 pour le peuplement dépéris, cette augmentation est destinée à la localisation de cet échantillon à côté d’un Oued.



**Figure 20 :** Valeurs d’humidité des différents types du peuplement du cèdre de l’Atlas (sain, mixte et dépéris).

**5.2.2. Relation entre le taux de dépérissement et le taux d’humidité du sol**

Nous remarquons à travers le tableau 02 qu’il y a une différence significative entre le taux d’humidité et le dépérissement du cèdre. D’après les études de BENTOUATI (2008) et de SARMOUM (2008), le dépérissement a une relation avec la précipitation ainsi que la sécheresse qu’elle a des conséquences directes sur les propriétés et sur le régime hydrique des sols, donc, la sécheresse est un facteur de déclenchement du dépérissement du cèdre de l’Atlas.

**Tableau 02 :** Analyse de variance au seuil de signification de 95% entre le taux du dépérissement et le taux d’humidité du sol.

Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	F	Probabilité	Valeur critique pour F
Entre Groupes	3525,65168	2	1762,82584	<b>50,9888397</b>	6,7837E-10	<b>3,35413083</b>
A l’intérieur des groupes	933,465008	27	34,5727781			
Total	4459,11669	29				

### 5.3. pH (eau)

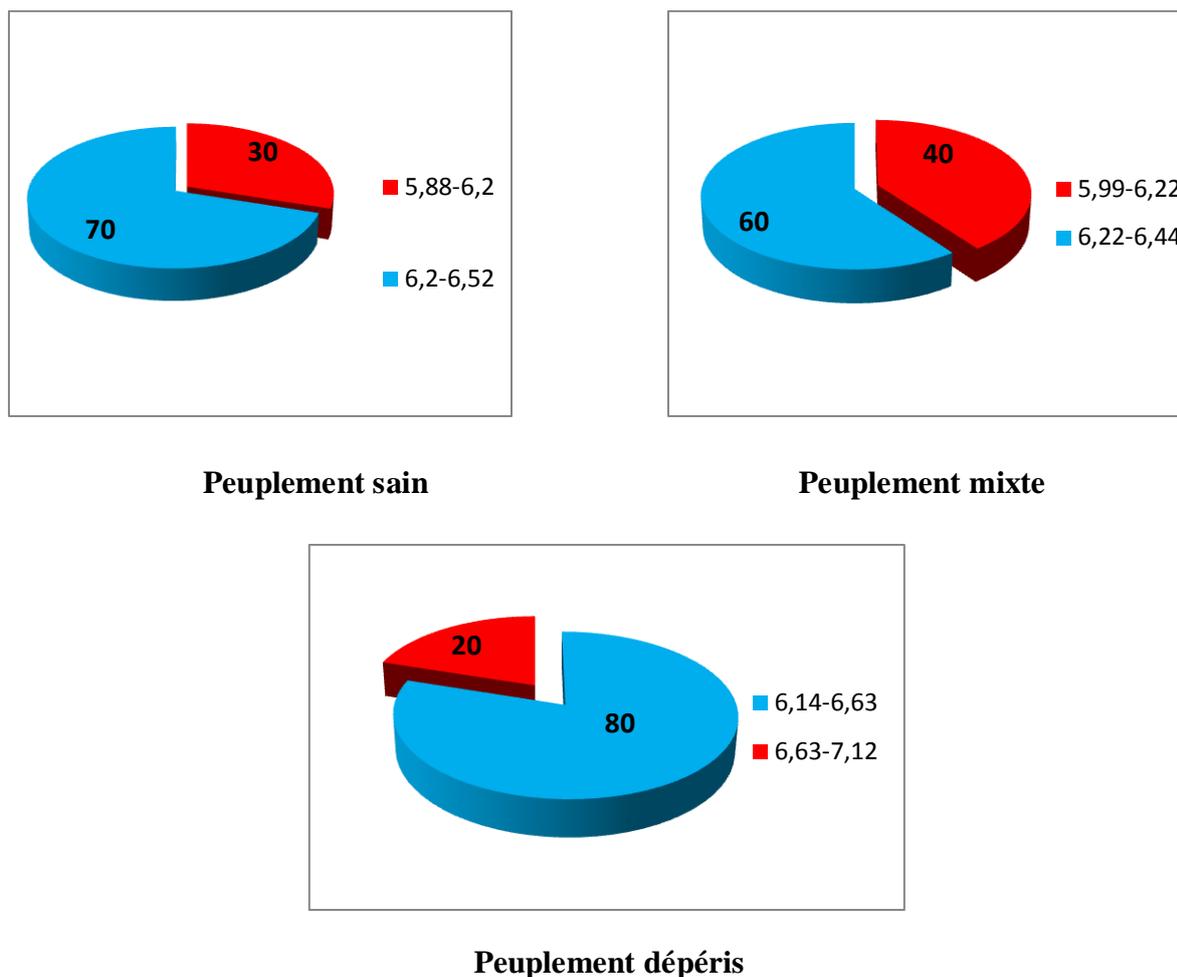
Le pH joue un rôle essentiel dans la croissance et la nutrition des plantes, en azote et en phosphore. En sol acide, les arbres ont de faibles dimensions appartiennent à des espèces frugales et constituent des peuplements clairières, au contraire, en sol non acide, les arbres sont bien vivants, constituent des peuplements où se rencontrent des espèces exigeantes (HUCHON, 1956 ; DUCHAUFOR, 1995).

Les valeurs du pH qui représentent les caractéristiques statistiques sont enregistrées dans le tableau ci-dessous. Nous observons qu'il n'y a pas une grande variation entre les différents échantillons du sol dont la mesure où le coefficient de variation ne dépasse pas 5%.

**Tableau 03** : Statistiques descriptives du pH (eau).

<b>Statistiques descriptives</b>	<b>Peuplement sain</b>	<b>Peuplement mixte</b>	<b>Peuplement dépéris</b>
Minimum	5,88	5,99	6,14
Maximum	6,52	6,44	7,12
Moyenne	6,26	6,22	6,53
(CV)	3,55	2,44	4,14

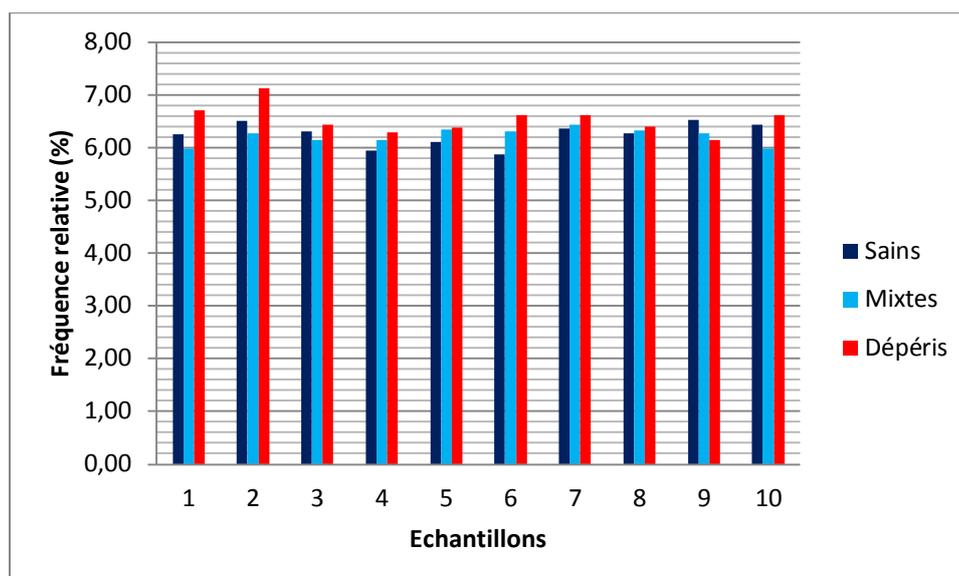
Nous observons à travers la figure 21 que 70% du peuplement sain est caractérisé par un pH (eau) varie de 6,2 à 6,52, 60% du peuplement mixte varie entre le pH 6,22 et 6,44 et 80% pour le peuplement dépéris présente un pH entre 6,14 et 6,63. Selon les normes de BAIZE et JABIOL (1995), nos échantillons sont caractérisés par un pH faiblement acide. L'acidité du sol est expliquée par l'action qu'elle a sur la décomposition de la couverture morte qui conditionne le retour des substances minérales au sol, ensuite, par l'activité différente des micro-organismes qui assurent la transformation des composés azotés dans le sol forestier (HUCHON, 1956 ; ANONYME, 1977 ; DUCHAUFOR, 1995).



**Figure 21 :** Répartition en % des classes du pH (eau) des différents types du peuplement du cèdre de l’Atlas.

**5.3.1. Etude comparative entre le pH eau des trois peuplements du cèdre**

Comme le montre la figure 22, l’ensemble des échantillons du sol présentent un pH (eau) varie entre 6 et 7.



**Figure 22 :** Valeurs de pH (eau) des différents types du peuplement du cèdre de l'Atlas (Sain, mixte et dépéris).

### 5.3.2. Relation entre le taux du dépérissement et le pH (eau) du sol

L'analyse de la variance au seuil de signification de 95% fait ressortir un effet significatif du pH du sol sur le taux du dépérissement de cèdre de l'Atlas (tableau 04).

D'après les résultats obtenus sur l'acidité du sol, nous constatons que le sol du cèdre de l'Atlas dans le canton Rond-Point est un sol caractérisé par un pH faiblement acide. D'après ANONYME (1977), Le meilleur pH se trouve entre 5,5 et 7 où il y a une grande disponibilité en éléments nutritifs.

Selon GUYON (1998), le cèdre de l'Atlas accepte tous les types de roche mère d'un pH varie de 4 à 8.

**Tableau 04 :** Analyse de variance au seuil de signification de 95% entre le taux du dépérissement et le pH (eau) du sol.

Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	F	Probabilité	Valeur critique pour F
Entre Groupes	0,93418225	1	0,93418225	<b>34,4638141</b>	3,44E-06	<b>4,22520127</b>
A l'intérieur des groupes	0,70476061	26	0,02710618			
Total	1,63894286	27				

#### 5.4. pH (KCl)

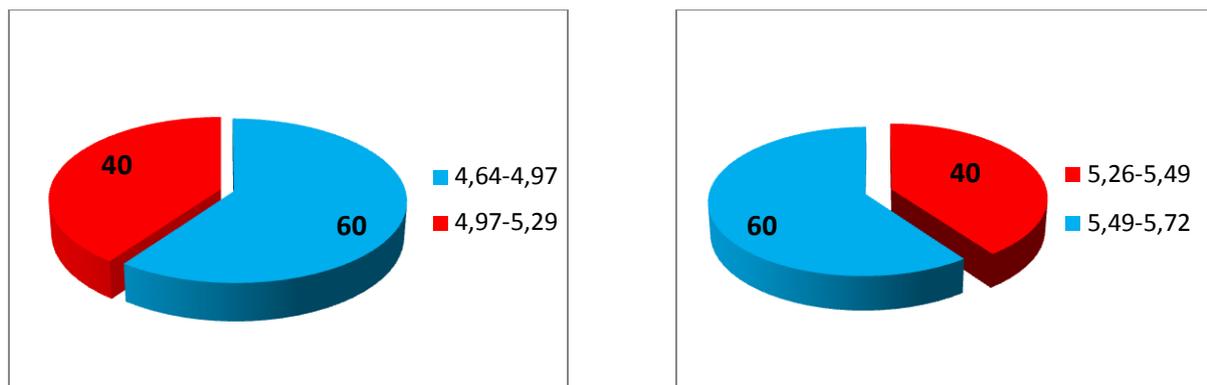
Les valeurs du pH (KCl) qui représentent les caractéristiques statistiques sont enregistrées dans le tableau 05. Les valeurs moyennes de pH (KCL) pour les trois peuplements varient entre 4.87 et 5.52.

**Tableau 05** : Statistiques descriptives du pH (KCl).

<b>Statistiques Descriptives</b>	<b>peuplement Sain</b>	<b>peuplement Mixte</b>	<b>peuplement Déperis</b>
Minimum	4,64	5,26	4,67
Maximum	5,29	5,72	4,98
Moyenne	4,96	5,52	4,87
(CV)	3,66	2,92	2,20

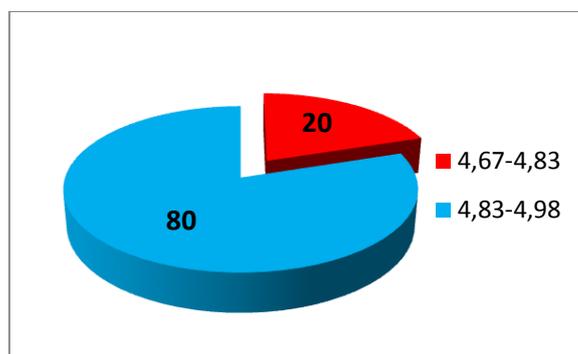
Pour chaque peuplement, les répartitions des classes de pH (KCL) représentent des valeurs de pH varie de 4,64 à 5,72. C'est pour cette raison que nous constatons deux classes de répartition de pH (KCL) comme le montre la figure 23.

Selon BAIZE(1988), l'acidité d'échange ( $\Delta$  pH) est égale à : le pH (eau) – pH (KCl). D'après le calcul de cette acidité, nous trouvons que ( $\Delta$  pH) varier de 0.5 à 1.5. Donc, ces valeurs du pH sont favorables pour l'adaptation du cèdre de l'Atlas.



Peuplement sain

Peuplement mixte

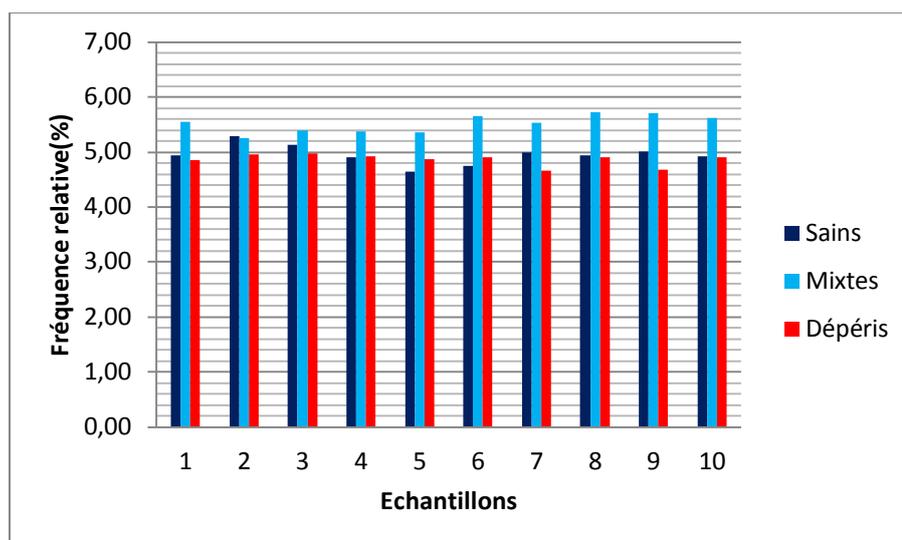


Peuplement dépéris

**Figure 23 :** Répartition en % des classes du pH(KCl) des différents types du peuplement du cèdre de l'Atlas.

#### 5.4.1. Etude comparative entre le pH (KCl) des trois peuplements du cèdre

Nous observons dans la figure 24 que le peuplement mixte est caractérisé par un pH(KCl) élevé (supérieur à 5) par rapport les deux autres peuplements.



**Figure 24 :** Valeurs du pH(KCl) des différents types du peuplement du cèdre de l’Atlas (Sain, mixte et dépéris).

**5.4.2. Relation entre le taux du dépérissement et le pH (KCl) du sol**

Selon le tableau 06, nous observons qu’il y a un effet significatif du pH (KCl) sur le phénomène de dépérissement du cèdre de l’Atlas. D’après BOULAINÉ (1982), la présence de pH (KCL) élevé peut provoquer des phénomènes de toxicité qui fait des contraintes physico-chimiques pour la croissance des plantes.

**Tableau 06 :** Analyse de variance au seuil de signification de 95% entre le taux du dépérissement et le pH (KCl) du sol.

Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	F	Probabilité	Valeur critique pour F
Entre Groupes	2,56148212	1	2,56148212	<b>126,124903</b>	7,00E-12	<b>4,19597182</b>
A l'intérieur des groupes	0,56865455	28	0,02030909			
Total	3,13013667	29				

### 5.5. Matière organique

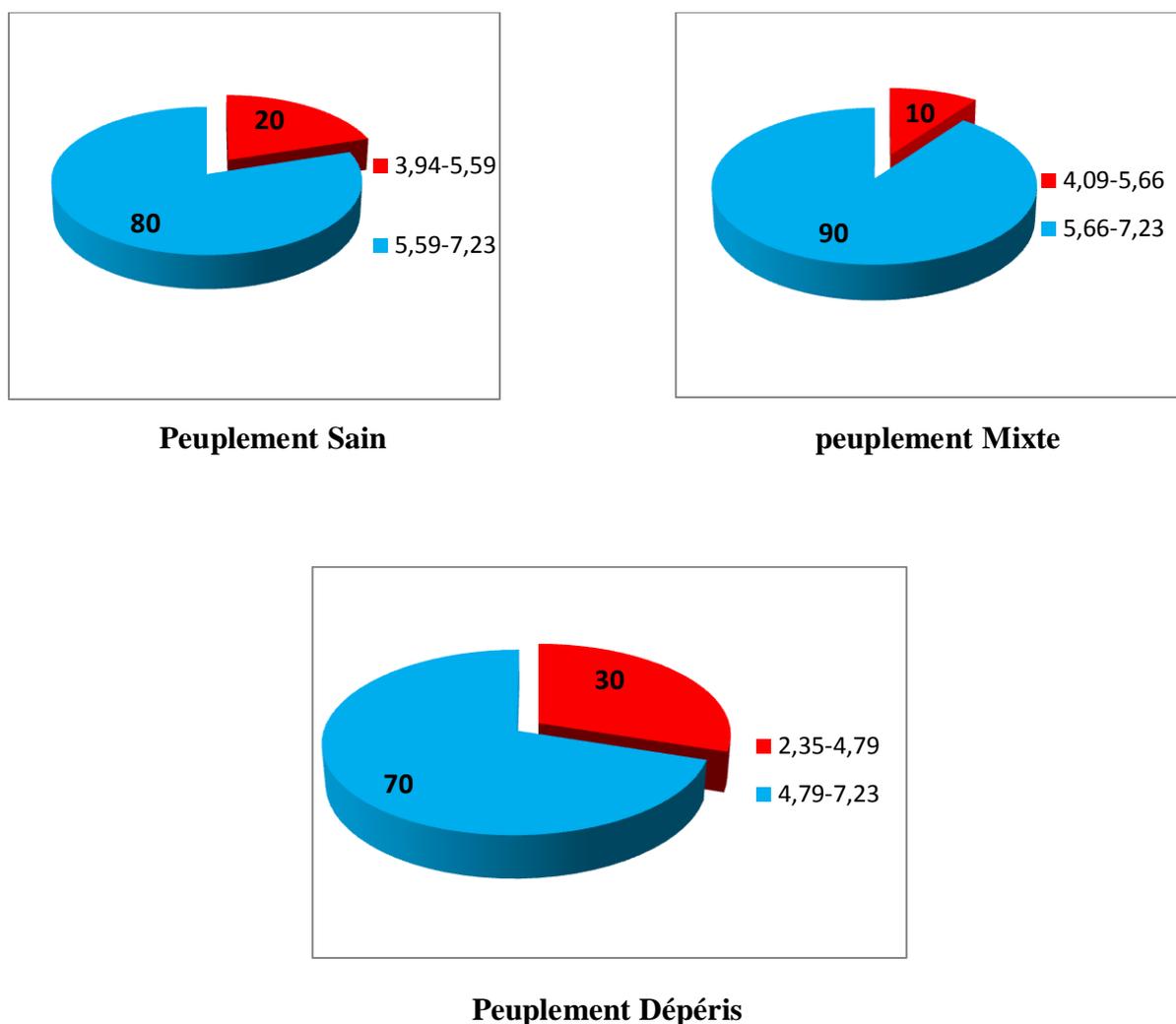
La matière organique constitue un élément nécessaire pour la nutrition des plantes, la connaissance de la fertilité du sol, la fabrication des agrégats et la création de complexes argilo-humiques (BAISE et JABIOL, 1995 ; RAMADE, 2003).

Le tableau 07 montre qu'il y a une variation entre les échantillons du sol où nous remarquons un CV hétérogène entre les peuplements sains, mixtes et déperis.

**Tableau 07** : Statistiques descriptives de la matière organique.

<b>Statistiques descriptives</b>	<b>Peuplements Sains</b>	<b>Peuplements Mixtes</b>	<b>Peuplements Déperis</b>
Minimum	3,94 %	4,09 %	2,35 %
Maximum	7,23 %	7,23 %	7,23 %
Moyenne	6,61 %	6,92 %	5,47 %
(CV)	17,61 %	14,38 %	32,47 %

Comme le montre la figure 25, deux classes de la matière organiques sont retenues pour les trois peuplements. Selon les normes de ANONYME (1977), la première est moyennement riche de 2 à 4.79 représente une fréquence moins de 50%, et la deuxième de 4.79 à 7.23 elle dépasse les 50%.

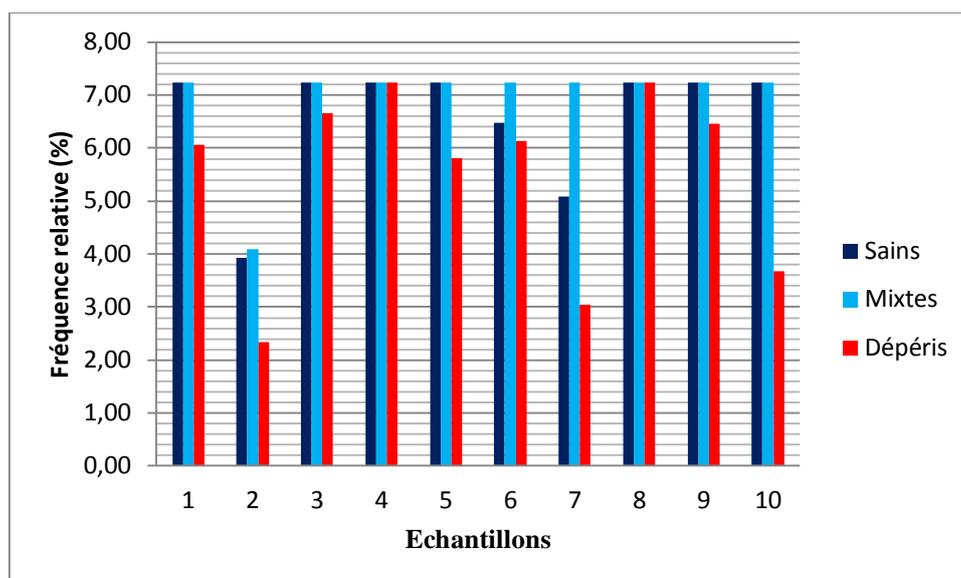


**Figure 25 :** Répartition en % des classes de la matière organique des différents types de peuplement du cèdre de l'Atlas.

### 5.5.1. Etude comparative entre la matière organique des trois peuplements du cèdre

Le sol sur lequel repose le peuplement du cèdre présente des taux de matière organique très élevés (fig. 26) pour la majorité des échantillons du sol. Deux échantillons du sol (le 7<sup>ème</sup> et le 10<sup>ème</sup> pour le peuplement dépéris) sont moyennement riches en MO. En revanche, le 2<sup>ème</sup> échantillon pour le peuplement dépéris est un échantillon pauvre en MO.

D'après BAIZE et JABIOL (1995), lorsque les Matières organiques sont à des fortes teneurs, donnent aux matériaux (sauf les sables) un toucher doux et souple proche de celui des limons.



**Figure 26 :** Valeurs de la matière organique des différents types du peuplement du cèdre de l’Atlas (Sain, mixte et dépéris).

**5.5.2. Relation entre le taux du dépérissement et le taux de la matière organique du sol**

L’analyse de la variance au seuil de signification de 95% de la matière organique dans le tableau 08 montre qu’il y a un effet significatif entre le taux du dépérissement et ce paramètre. Lorsque la matière organique est faible, elle influe sur la fertilité du sol et par conséquent sur la croissance des arbres.

**Tableau 08 :** Analyse de variance au seuil de signification de 95% entre le taux du dépérissement et la matière organique du sol.

Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	F	Probabilité	Valeur critique pour F
Entre Groupes	30,259203	1	30,259203	<b>92,0778619</b>	4,97E-10	<b>4,2252012</b> <b>7</b>
A l’intérieur des groupes	8,54428267	26	0,32862626			
Total	38,8034857	27				

### 5.6. Calcaire total

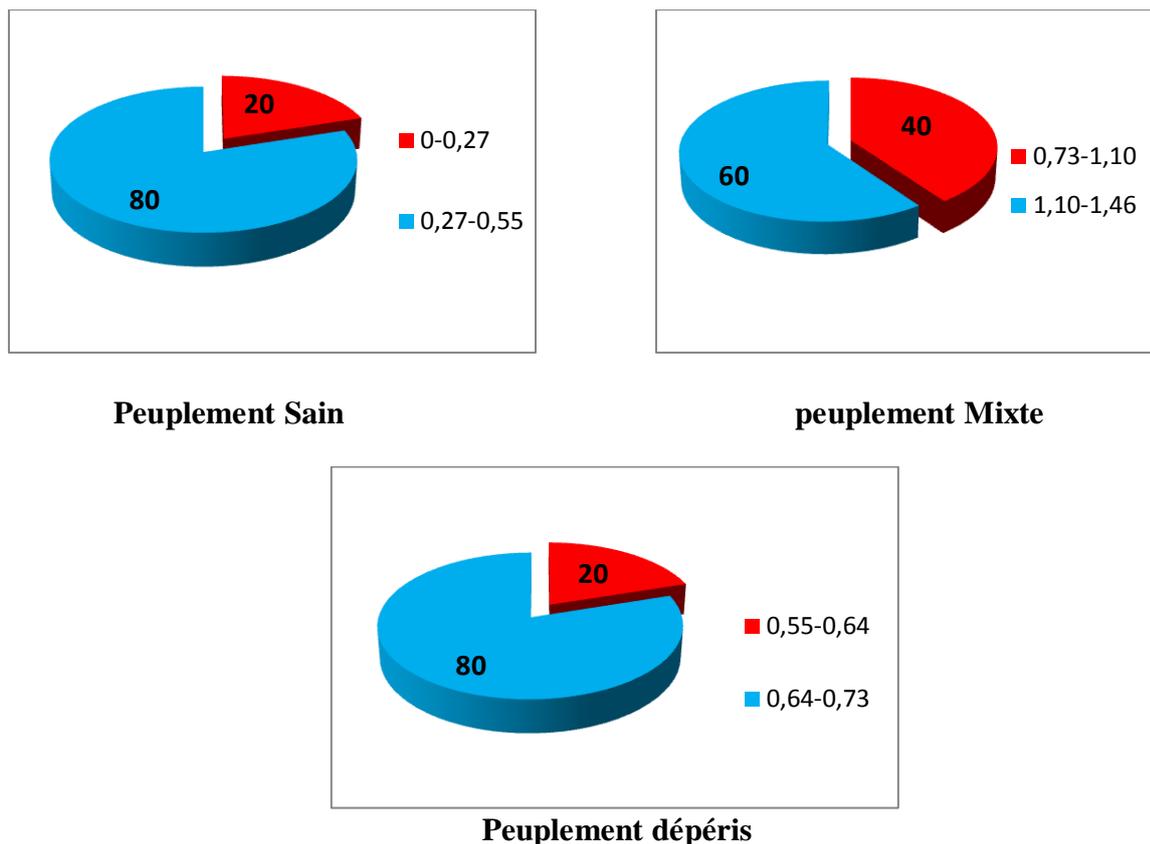
Le calcaire total représente un fragment de dimension quelconque des parties de la roche mère, il présente une source de calcium, sulfate et nitrate. Il favorise la stabilité de la structure et la perméabilité du sol (BAISE, 1988 ; MATHIEU et PIELTAIN, 2003).

Le tableau ci-dessous montre qu'il n'y a pas une variation entre les échantillons du sol où nous enregistrons des valeurs de calcaire ne dépassent pas 1.46%.

**Tableau 09** : Statistiques descriptives de calcaire total.

Statistiques Descriptives	Peuplements Sains	Peuplements Mixtes	Peuplements Dépéris
Minimum	0,00 %	0,73 %	0,55 %
Maximum	0,55 %	1,46 %	0,73 %
Moyenne	0,38 %	1,10 %	0,70 %
(CV)	47,35 %	20,79 %	11,10 %

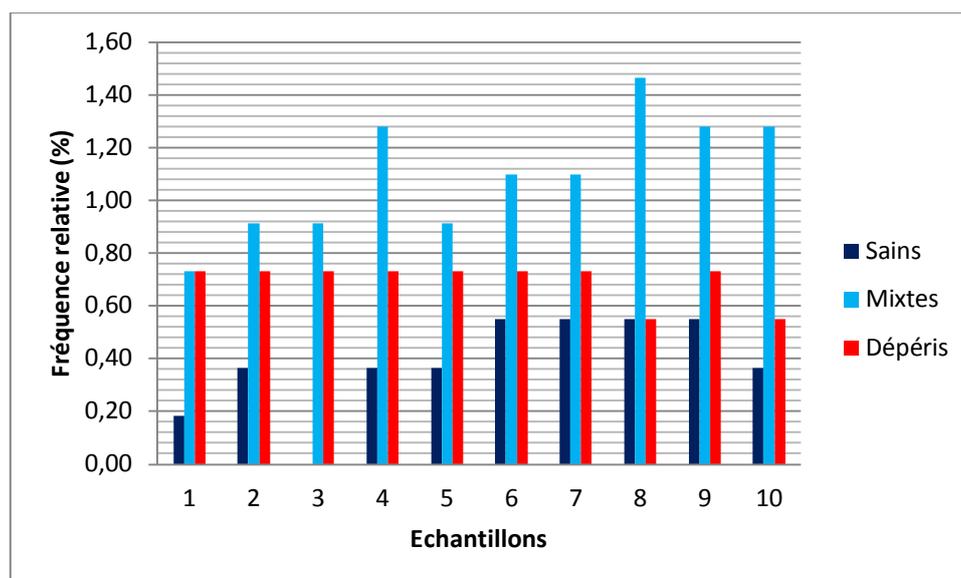
Nous remarquons à travers la figure 27, qu'il y'a deux strates de calcaire total, la première de 0 à 0.5 et la seconde de 0.5 à 1.5. Pour les peuplements sains et dépéris la fréquence relative de taux de calcaire est identique, elle est de 20% pour la première strate et 80% pour la seconde.



**Figure 27 :** Répartition en % des classes du calcaire total des différents types du peuplement du cèdre de l’Atlas.

### 5.6.1. Etude comparative entre le calcaire total des trois peuplements du cèdre

La figure 28 montre que le calcaire total des échantillons du sol issus des peuplements mixtes est très élevé (1.5 environ) par rapport les échantillons des autres peuplements. Selon BAISE (1988), les échantillons du sol qui présentent des valeurs de calcaire comprises entre 1 et 5% sont des sols peu calcaires. En revanche, les échantillons du sol issus des peuplements sains et dépéris sont des sols non calcaires où contiennent juste des traces de calcaire où nous enregistrons un taux maximal de calcaire de 0.73%.



**Figure 28 :** Valeurs du calcaire total des différents types du peuplement du cèdre de l'Atlas (Sain, mixte et dépéris).

### 5.6.2. Relation entre le taux du dépérissement et le taux du calcaire total du sol

Le tableau ci-dessous montre qu'il y'a un effet significatif de calcaire total sur le dépérissement du cèdre. Le comportement du cèdre vis-à-vis du calcaire total diffère d'un peuplement à un autre, dès qu'un sol est calcaire, même faiblement, l'ion  $Ca^{++}$  est surabondant (BAIZE, 1988).

Selon MATHIEU et PIELTAIN (2003), quand le calcaire se trouve dans le sol en quantité trop forte et à un degré très avancé, il exerce des influences défavorables qui bloquent certains éléments indispensables aux plantes (fer, manganèse, zinc, cuivre) et qu'il provoque des accidents divers dans le développement des végétaux.

**Tableau 10 :** Analyse de variance au seuil de signification de 95% entre le taux du dépérissement et le taux du calcaire du sol.

Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	F	Probabilité	Valeur critique pour F
Entre Groupes	1,63235342	1	1,63235342	<b>35,9088505</b>	2,51E-06	<b>4,22520127</b>
A l'intérieur des groupes	1,18191444	26	0,04545825			
Total	2,81426786	27				

# *Conclusion*

## **Conclusion**

*Cedrus atlantica* Manetti est une essence résineuse noble par excellence des forêts montagnardes de l'Algérie, essentiellement la cédraie de Theniet El Had qui est admirée par sa beauté naturelle. Le canton ROND-POINT est l'un des cantons de ce parc, il représente le cœur de la cédraie, mais malheureusement il soumit au phénomène du dépérissement qu'il a encore des raisons inconnues. Certains chercheurs montrent que les causes de ce dépérissement sont variées, comme les changements climatiques, l'absence des opérations sylvicoles et la pression anthropique de plus en plus pressante.

Ce travail a été mené pour rechercher les caractéristiques physico-chimique des sols dans un peuplement sain, dépéris et mixte du cèdre de l'Atlas dans le canton ROND-POINT de la cédraie de Theniet El Had.

Les échantillons du sol, au nombre de trente, sont prélevés sous les trois peuplements, chacun 'un du prélèvement, fait l'objet d'analyse physico-chimique au laboratoire pour ressortir le *taux d'humidité*, le *taux du calcaire total*, le *pH*, le *taux de la matière organique* et la *texture du sol*. Chacun de ces facteurs édaphiques a pour but du traitement statistique avec le taux du dépérissement par le biais de l'analyse de la variance au seuil de signification de 95%. Il en ressort que la texture de tous les échantillons du sol est de type limoneux, l'humidité est moyen de 19.42 à 42.99% et cela est expliqué par une précipitation convenable de cette année pluvieuse. Le pH du sol est faiblement acide de 6.22 à 6.53 ce qui peut assurer la disponibilité des éléments nutritifs pour les arbres. Le sol est peu ou non calcaire dans la majorité des échantillons (ne dépasse pas 1.5%), la matière organique est élevée dans les peuplements sain et mixte mais pauvre dans les peuplements dépéris de 2 à 4.79%.

Après ces résultats, nous concluons que le sol n'est pas un facteur déclenchant du dépérissement du cèdre dans le parc national de Theniet El Had.

Il reste beaucoup à découvrir sur le phénomène du dépérissement, notamment dans le parc National de Theniet El Had et il est bien évident que les résultats auxquels ce travail est parvenu doivent être considérés comme préliminaire et nécessite par la suite de mettre l'accent sur la complémentarité et d'étudier d'autre paramètre essentiellement la physiologie des arbres et les changements climatiques.

# *Références bibliographiques*

## *Références bibliographiques*

- 1- **ANONYME. 1977.** Laboratoire du sol. Algérie : Institut de technologie agricole.106p.
- 2- **ANONYME. 2003.** Méthode d'analyse. Québec : Centre d'expertise en analyse environnementale.1-10.
- 3- **ANONYME. 2007.** Le cèdre de l'Atlas. Paris : Institut pour le développement forestier. 02-04.
- 4- **ANONYME. 2015.** Méthode d'analyse. Québec : centre d'expertise en analyse environnementale.1-11.
- 5- **BAIZE, D.1988.** Guide des analyses courantes en pédologie. Paris : INRA.171p.
- 6- **BAIZE, D et JABIOL, B .1995 .** Guide pour la description du sol. Paris : *Institut national de la recherche agronomique* .369p.
- 7- **BEKKER, M. PICARD, J-F. TIMBAL, J. 1983.** Les arbres. Paris : Masson.141p.
- 8- **BENTOUATI, A. 2008.** La situation du cèdre de l'Atlas dans les Aurès. Algérie : Forêt méditerranéenne. 203-208.
- 9- **BONNEAU, M ; SOUCHIER, B. 1994.** Pédologie (constituants et propriétés du sol), 2ème édition. Paris : Masson. 655p.
- 10- **BOUAZZA, K. 2011.** Etude écopédologique du dépérissement de *Cedrus atlantica* Manetti dans le parc national de Theniet El Had (W. Tissemsilt). Mémoire de Magister. Ibn Khaldoun, Tiaret : 84pp.
- 11- **BOUDY, P. 1950.** Economie forestière Nord-africaine, tome 02.Paris : LAROSE. 638p.
- 12- **BOULAINÉ, J.1982.** Remarques sur quelques notions élémentaires de la pédologie. France: GRIGNON.29 - 41.
- 13- **CALVET, R. 2013.** Le sol, 2ème édition. Paris : France agricole. 679p.
- 14- **COURBET, F. LAGACHERIE, P. MARTY, J. LADIER, C. RIPERT, P. RIOU-NIVERT, F. HUARD, L. AMANDIER, É. PAILLASSA. 2012.** Le cèdre en France face au changement climatique : bilan et recommandations. France : *Institut national de la recherche agronomique*, ONF, IRSTEA, AFORCE RTM.32p.
- 15- **DEBAZAC, E-F. 1991.** Manuel des conifères, 2ème édition. Paris : Ecole national de génie rural des eaux et des Forêts.144p.
- 16- **DUCHAUFOR, Ph. 1988.** Pédologie, 2ème édition. Paris : Masson. 219p.
- 17- **DUCHAUFOR, Ph. 1995.** Pédologie (sol, végétation, environnement),4ème édition .Paris.: MASSON.319p.
- 18- **EMBERGER, L.1960.** Les végétaux vasculaires, Tome 02. Paris : Masson.753p.

- 19-FABRE, J-P. MOUNA, M. DUMERLE, P. BENHALIMA, S .1999.**Forêt méditerranéenne (le point sur certains ravageurs du cèdre de l'Atlas en Afrique du nord, en France et en Europe). Maroc : *Institut scientifique avenue Ibn Batota*. 203 - 218.
- 20- FAO. 2000.** L'étude prospective du secteur forestier en Afrique : Algérie. Rapport FOSA 60p.
- 21- FAURIE, C. FERRA, C. MEDORI, P. 1984.** Ecologie. Paris : J-B.Baillière. 161p.
- 22- FELLER, C. 1995.**La matière organique du sol. France : ORSTOM. 35-41.
- 23- GOBAT, J-M; ARAGNO, M; MATTHEY, W. 2003.** Le sol vivant, 2ème édition. France : Presses polytechniques et universitaires romandes.571p.
- 24- GOBAT, J ; ARAGNO, M ; MATTHEY, W. 2010.** le sol vivant, 3ème édition : Sciences de la terre.Italie.819p.
- 25- GUINIER, P.1995.** L'écologie forestière. Nancy : Ecole nationale du génie rural, des eaux et des Forêts (ENGREF).69p.
- 26- GUYON, J-P. 1998.** Forêt, 2ème édition. Paris : Synthèse agricole. 277p.
- 27- HILLEL, H. 1988.** L'eau et le sol, 2ème édition. Belgique : Academia louvain –la-neuve .257p.
- 28- HUBER, L. DE PARECEVEAUX, S. 2007.** Bioclimatologie .Paris : QUAE. 315p.
- 29- HUCHON, H. 1956.**Connaissance de la Forêt.6ème édition .Paris : la maison rustique.158p.
- 30- JABIOL, B. ; BAISE, D .1995 .** Guide pour la description du sol. Paris : Institut national de la recherche agronomique .369p
- 31- JABIOL, B ; BRETHES, A ; JACQUES BRUN, J ; JEAN-FRANÇOIS, P ; TOUTAIN, F ; ZANELLA, A ; AUBERT, M ; BUREAU, F.2009.** Typologie des formes d'humus forestières (sous climats tempérés).France : Quæ .327-355.
- 32- JACAMON, M. 2001.**Guide de dendrologie arbre arbuste arbrisseaux des forêts françaises .Nancy : Ecole national de génie rural des eaux et des forets, 4ème Edition. 349p.
- 33- LE TACON.F.1978.**La présence du calcaire total dans le sol. Nancy : INRA.166-174.
- 34- MATHIEU, C. et PIELTAIN, F. 2003.** Analyse chimique du sol. Paris : TEC & DOC.388p.
- 35- MESSAILI, B. 1995.** Systématique des spermaphytes. Alger : Office des publications universitaires. 80p.
- 36- MOUNA, M. 2009.** *Phaenops marmottani* Fairmaire (Coleoptera Buprestidae), xylophage Primaire pour le cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Man.). *Bulletin dès l'Institut Scientifique*, Rabat.85-90.
- 37- PARADIS, O. 1979.** Ecologie. Canada : Decarie éditeur Montréal .149p.
- 38- P. N.T. H. 2006.** Atlas des parcs nationaux algériens. Algérie : Ed-diwan.96p.
- 39- RAMADE, F. 2003.** Eléments d'écologie, 3ème édition. Paris : DUNOD. 689p.

- 40- RAMADE, F. 2005.** Eléments d'écologie, 6ème édition. Paris : DUNOD.862p.
- 41- RIOU-NIVERT, P-h. 2005.** Les résineux, Tome 02. Paris : *Institut pour le développement forestier*. 242p.
- 42- RIOU-NIVERT, P-h. 2001.** Les résineux, Tome 01, 2ème édition. Paris : *Institut pour le développement forestier*. 130p.
- 43- ROBITAILLE, V et TREMBLAY, D. 1997.** Mécanique du sol (théorie et pratique). Canada : Modulo. 649p.
- 44- SARMOUM, M. 2008.** Impact du climat sur le dépérissement du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica Manetti*). Diagnostic dendro-écologique et climatique de la cédraie de Theniet El Had (Wilaya de Tissemsilt) .Diplôme de Magister. Houari Boumediene, Alger :114 pp.
- 45- Taleb, M. Maatoug, M. Azouzi, B. Zedek, M. Hellal, B. 2016.** Etude éco-dendrométrique de dépérissement du Cèdre De l'Atlas Dans le parc national de Theniet El Had. Algérie : Journal européen des sciences. VOL.112-123.

# *Annexes*

**Annexe 01 : les résultats obtenus des analyses pour chaque échantillon**

<b>Echantillons</b>	<b>H</b>	<b>PH (KCl)</b>	<b>PH (eau)</b>	<b>MO</b>	<b>Calcaire</b>	<b>Texture</b>
<b>sain 1</b>	25,08	4,94	6,25	7,23	0,18	limoneuse
<b>sain 2</b>	46,51	5,29	6,50	3,94	0,37	limoneuse
<b>sain 3</b>	33,20	5,14	6,30	7,23	0,00	limoneuse
<b>sain 4</b>	26,12	4,91	5,94	7,23	0,37	limoneuse
<b>sain 5</b>	29,00	4,64	6,10	7,23	0,37	limoneuse
<b>sain 6</b>	25,53	4,75	5,88	6,48	0,55	limoneuse
<b>sain 7</b>	19,42	5,00	6,37	5,09	0,55	limoneuse
<b>sain 8</b>	32,77	4,95	6,28	7,23	0,55	limoneuse
<b>sain 9</b>	21,93	5,01	6,52	7,23	0,55	limoneuse
<b>sain 10</b>	33,21	4,92	6,44	7,23	0,37	limoneuse
<b>mixte 1</b>	54,10	5,55	5,99	7,23	0,73	limoneuse
<b>mixte 2</b>	20,77	5,26	6,27	4,09	0,91	limoneuse
<b>mixte 3</b>	36,56	5,39	6,14	7,23	0,91	limoneuse
<b>mixte 4</b>	30,53	5,38	6,15	7,23	1,28	limoneuse
<b>mixte 5</b>	39,82	5,36	6,35	7,23	0,91	limoneuse
<b>mixte 6</b>	39,56	5,65	6,30	7,23	1,10	limoneuse
<b>mixte 7</b>	40,29	5,53	6,44	7,23	1,10	limoneuse
<b>mixte 8</b>	45,65	5,72	6,33	7,23	1,46	limoneuse
<b>mixte 9</b>	52,35	5,71	6,28	7,23	1,28	limoneuse
<b>mixte 10</b>	34,01	5,62	5,99	7,23	1,28	limoneuse
<b>dépéris 1</b>	29,67	4,85	6,70	6,07	0,73	limoneuse
<b>dépéris 2</b>	14,62	4,96	7,12	2,35	0,73	limoneuse
<b>dépéris 3</b>	28,00	4,98	6,44	6,67	0,73	limoneuse
<b>dépéris 4</b>	71,29	4,93	6,29	7,23	0,73	limoneuse
<b>dépéris 5</b>	25,07	4,87	6,38	5,81	0,73	limoneuse
<b>dépéris 6</b>	37,10	4,90	6,62	6,13	0,73	limoneuse
<b>dépéris 7</b>	24,47	4,67	6,62	3,04	0,73	limoneuse
<b>dépéris 8</b>	53,06	4,91	6,40	7,23	0,55	limoneuse
<b>dépéris 9</b>	30,72	4,68	6,14	6,47	0,73	limoneuse
<b>dépéris 10</b>	21,59	4,90	6,61	3,68	0,55	limoneuse

## Annexe 02 : Tableaux des normes d'appréciation

- Les classes du pH selon JABIOL et BAIZE (1995)

<b>pH</b> < 3,5	hyper acide
3,5 > <b>pH</b> > 4,2	très acide
4,2 > <b>pH</b> > 5	Acide
5 > <b>pH</b> > 6,5	faiblement acide
6,5 > <b>pH</b> > 7,5	Neutre
7,5 > <b>pH</b> > 8,7	Basique
<b>pH</b> > 8,7	très basique

- Normes d'appréciation du calcaire total du sol proposées par le (GEPPA) (BAIZE, 1988)

<b>CaCO<sub>3</sub></b> <b>Total (%)</b>	< 1	Non calcaire
	1 à 5	Peu calcaire
	5 à 25	Modérément calcaire
	25 à 50	Fortement calcaire
	50 à 80	Très fortement calcaire
	Plus de 80	Excessivement calcaire

- Normes d'appréciation de MO du sol selon ANONYME(1977)

Taux de MO (%)	Terre
< 1	Très pauvre
1 à 2	Pauvre
2 à 4	Moyenne
> 4	Riche

- Classes granulométriques selon les normes française les pédologues subdivisent la terre fine (<2mm) (BAISE, 1988)

A	LF	LG	SF1	SF2	SG1	SG2	SG3
>2μ m	2à20μ m	20à50μ m	50à100μ m	100à200μ m	200à500μ m	500à1000μ m	1000à2000μ m

**Annexe 03 : Matériels utilisés au niveau de laboratoire**



*Calcimètre*



*Agitateur  
magnétique*



*PH mètre*



*Etuve*



*Balance*



*Bain du sable*



*Fiole jaugée  
(250ml)*

## Résumé

Le cèdre de l'Atlas est un arbre caractéristique des régions montagneuses humides et froides du nord d'Afrique. Le dépérissement des arbres forestiers est un phénomène complexe dont les causes résident dans l'action individuelle ou combinée de nombreux facteurs biotiques et abiotiques.

L'objectif de notre travail est d'étudier les caractéristiques physico-chimiques des sols afin de trouver la relation entre le dépérissement et les facteurs édaphiques (texture, humidité, pH, matière organique et calcaire total). Nous avons traité trois types de peuplement du cèdre (sain, mixte et dépéris) dans le canton Rond-Point du parc national de Theniet El Had de la wilaya de Tissemsilt où nous avons trouvé que le sol est de texture limoneuse, peu et non calcaire avec un pH faiblement acide et un taux élevé de la matière organique dans les peuplements sains et mixtes mais pauvre dans les peuplements dépéris.

**Mots-clés :** Cèdre de l'Atlas, parc national de Theniet El Had, Caractéristiques physico-chimiques des sols, Dépérissement.

## الملخص

الأرز الأطلسي هو شجرة تميز المناطق الجبلية الرطبة والباردة لشمال إفريقيا. تعتبر ظاهرة اضمحلال الأشجار الغابية ظاهرة معقدة و مجهولة الأسباب.

يهدف عملنا لدراسة الخصائص الفيزيو- كيميائية للتربة و معرفة علاقة خصائص التربة (حجم الجسيمات، الرطوبة، درجة الحموضة، المواد العضوية و الكالسيوم الكلي) بظاهرة اضمحلال الأرز الأطلسي، لذلك قمنا بمعالجة ثلاث وحدات للأرز (وحدة سليمة، مختلطة و مضمحلة) في قطاع Rond-Point في الحظيرة الوطنية لثنية الحد بولاية تيسمسيلت. فوجدنا ان تربة هذا القطاع تتميز بدرجة حموضة قليلة و ارتفاع في نسبة الرطوبة، عدم وجود الكلس الكلي و ارتفاع المواد العضوية في الوحدات السليمة و المختلطة و انخفاضها في الوحدات المضمحلة.

## الكلمات المفتاحية:

الأرز الأطلسي - الحظيرة الوطنية لثنية الحد - الخصائص الفيزيو- كيميائية للتربة - الاضمحلال.