



République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université Dr. Tahar Moulay -Saïda-  
Faculté des Sciences et Technologie  
Département de Biologie

Université Abou- Bekr Belkaid -Tlemcen  
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie  
Et Sciences de la Terre et de l'Univers  
Département d'Ecologie et Environnement

Mémoire Présenté par :

Melle: *ABDELOUAHAB Saliha*

Pour l'Obtention du Diplôme de :

Master en écologie végétale et environnement

Filière: *Biologie*

Spécialité : Ecologie Végétale et Environnement

Thème :

*Contribution à l'étude des caractères physico-chimiques des sols des pinèdes (*Pinus halepensis*) de la wilaya de Saïda.*

Soutenu le : 22 - 06 -2014.

Devant les membres du jury :

Président : Mr. *HACHEM Kadda* M.A.A, Université de Saïda.  
Promoteur : Mr. *BORÇALI Amine Habib* M.C.B, Université de Saïda.  
Examineur 1 : Mr. *BENABDELLAH Noureddine* M.A.B, Université de Saïda.  
Examineur 2 : Mr. *HASNAOUI Okkacha* M.C.A, Université de Saïda.

Année universitaire : 2013 - 2014

# Remerciements

Nous remercions **DIEU**, le puissant de nous avoir accordé santé et courage pour accomplir ce modeste travail.

Avant d'aborder l'exposé de mes résultats, qu'il me soit permis de remercier toutes les personnes qui, à des degrés divers, ont contribué à faciliter l'élaboration de cette étude.

J'exprime toute ma gratitude, au Dr **BORSALI Amine Habib** pour sa participation dans la direction de ce mémoire de Master et pour son soutien professionnel avec une approche scientifique toujours critique et pédagogique.

Nous tenons aussi à exprimer nos sincères remerciements à Monsieur. **HACHEM Kadda**, pour l'intérêt qu'il a porté pour l'aboutissement de ce travail et d'avoir accepté de présider ce jury.

Nos vifs remerciements s'adressent, plus particulièrement, à monsieur **HASNAOUI Okkacha** et à Monsieur **BENABDELAH Nourredine**, pour l'intérêt qu'ils ont porté à nos recherches et pour avoir accepté sans hésitation, de juger ce travail.

Nous remercions messieurs **KERRACHE Ghaouti**, **BENMAHAMED Ahmed**, **ORFI Ahmed**, **DJABOURI Mohamed**, **Djilali** et **BAHAR Mostafa Amine** qui sont toujours portés volontaire pour nous fournir l'aide demandée.

Nous tenons aussi à remercier la conservation des forêts de la wilaya de Saïda qui nous ont aidés à réaliser les parties de ce mémoire.

Enfin, nos remerciements les plus chaleureux à tous les membres de nos familles, qui nous ont toujours aidés et encouragés pour la réalisation de ce mémoire.

*Merci*  
*Merci*

# *Dédicace*

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

Mes parents

Ma sœur et mes frères

Aux familles ABDELOUAHAB et BEN'AMHAMED

A tout mes professeurs

A tout mes amies :

A toute la promotion de Biologie.

A tous les étudiants en biologie.

*Saliha*

# *TABLE DES MATIERES*

Remerciements

Dédicace

Table des matières

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des annexes

Liste des abréviations

Introduction générale..... 1

## ***Chapitre I : Généralités sur les forêts des zones semi-arides et steppiques***

Introduction..... 4

1. Généralité sur les forêts des zones semi-arides et steppiques..... 4

Introduction..... 4

1.1. Présentation des zones semi-arides et steppiques..... 4

1.1.1. Dans le monde..... 4

1.1.2. En Algérie..... 6

1.1.2.1. Situation géographique..... 6

1.1.2.2. Spécifié climatique..... 7

1.1.2.3. Spécifié de végétation..... 8

1.2. Les forêts des zones semi-arides et steppiques..... 9

1.2.1. La superficie..... 9

1.3. Les forêts de la wilaya de Saïda..... 10

## ***Chapitre II : Vulnérabilité et dégradation des sols forestiers des zones semi-arides et steppiques***

Introduction 13

1. Présentation des sols semi aridesetsteppiques..... 13

2. Dégradation des sols semi arides et steppiques..... 15

3. Origine et diversité des sols semi-arides et steppiques..... 16

4. Concept de qualité des sols semi-aridesetsteppiques..... 18

|  |    |
|--|----|
| ➤ Les caractéristiques physiques .....   | 18 |
| ➤ Les propriétés chimiques.....  | 18 |
| ➤ Les propriétés biologiques.....  | 19 |
| 5. L'effet de sécheresse (aridité) sur les propriétés des sols semi-arides et steppeiques..... | 19 |
| - Pour les pays de l'Afrique du Nord.....  | 20 |

### ***Chapitre III: Matériels et méthodes***

|  |    |
|--|----|
| 1. Présentation de la zone d'étude.....                  | 25 |
| 1.1. Situation géographique.....                         | 25 |
| 1.2. Milieu physique .....                               | 28 |
| 1.2.1. Relief et expositions .....                       | 28 |
| 1.2.2. Classe de pente .....                             | 28 |
| 1.2.3. Classes d'altitude .....                          | 28 |
| 1.2.3. Géologie –pédologie.....                          | 28 |
| 1.2.4.1. Description des principales unités .....        | 28 |
| a) Lithologiques .....                                   | 28 |
| b) Pédologiques .....                                    | 29 |
| 1.2.5. Climat .....                                      | 29 |
| 1.3. Occupation du sol .....                             | 29 |
| 1.3.1. Description des forêts.....                       | 29 |
| • Djafra Cheraga, Maalif, Tendfelt .....                 | 29 |
| • Fenouane .....   | 30 |
| • Hassasna .....   | 30 |
| 1.3.1.1. Parcours en forêts .....                        | 30 |
| 2. Méthode d'échantillonnage des sols .....              | 30 |
| 2.1. Géolocalisation des stations .....                  | 30 |
| 2.2. Type d'échantillonnage, de prélèvement du sol ..... | 33 |
| 3. Analyses physico-chimiques effectuées .....           | 33 |
| ▪ Matériels utilisés.....                                | 34 |
| Appareillages .....                                      | 34 |

|  |    |
|--|----|
| Verreries .....                          | 34 |
| Matériel biologique .....                | 34 |
| Produits chimiques .....                 | 34 |
| 3.1. Les analyses physiques .....        | 34 |
| 3.1.1. Analyse granulométrique .....     | 34 |
| ❖ Principe .....                         | 34 |
| ❖ Définition .....                       | 35 |
| ❖ Détermination et types .....           | 35 |
| ❖ Méthode .....                          | 36 |
| 3.1.2. Couleur du sol .....              | 36 |
| ❖ Méthode .....                          | 36 |
| 3.1.3. Humidité au champ .....           | 37 |
| 3.1.4. Capacité de rétention .....       | 38 |
| 3.1.5. Densité apparente .....           | 38 |
| 3.1.6. densité réelle .....              | 39 |
| 3.1.7. porosité .....                    | 39 |
| 3.1.8. perméabilité .....                | 39 |
| ❖ Mode opératoire .....                  | 39 |
| 3.2. Les analyses chimiques .....        | 40 |
| 3.2.1. Matière organique .....           | 40 |
| ❖ Méthode .....                          | 40 |
| 3.2.2. pH (eau distillé), pH (KCl) ..... | 41 |
| 3.2.3. Conductivité électrique .....     | 41 |
| 3.2.4. Calcaire total .....              | 41 |
| ❖ Dosage de calcaire total .....         | 41 |

|   |    |
|---|----|
| ❖ Mode opératoire .....   | 42 |
| 3.2.5. Carbone organique .....  | 43 |
| ❖ Dosage du carbone organique (méthode Anne) .....                            | 43 |
| ❖ Mode opératoire .....   | 43 |
| 3.2.5. Azote total .....  | 44 |
| ❖ Dosage de l'azote total (méthode Kjeldahl) .....                            | 44 |
| ❖ Mode opératoire .....   | 44 |
| 3.2.6. Rapport C/N .....  | 45 |
| 3.2.7. Analyse des sols (quelques éléments minéraux) par fluorescence X ..... |    |
| ❖ Confection de la pastille .....   |    |
| ❖ Le cru .....  | 40 |
| 4. Traitement statistique .....   | 41 |
| - Excel .....   | 48 |

### ***Chapitre IV: Résultats et discussion***

|   |    |
|---|----|
| 1. Résultat des analyses pédologiques .....           | 50 |
| 2. Discussion .....                                   | 50 |
| 2.1. Les caractères physiques des sols .....          | 50 |
| 2.1.1. Texture, couleur du sol .....                  | 50 |
| 2.1.2. Humidité au champ .....                        | 51 |
| 2.1.3. Capacité de rétention .....                    | 52 |
| 2.1.4. Densité réelle, porosité et perméabilité ..... | 54 |
| 2.2. Les caractères chimiques des sols .....          | 57 |
| 2.2.1. Matière organique .....                        | 57 |
| 2.2.2. pH (eau distillée), pH (KCl) .....             | 60 |

|  |    |
|--|----|
| 2.2.3. Conductivité électrique.....  | 61 |
| 2.2.4. Calcaire total.....   | 61 |
| 2.2.5. Carbone organique.....  | 62 |
| 2.2.6. Azote total.....  | 64 |
| 2.2.7. Rapport C/N.....  | 66 |
| 2.2.8. Les éléments minimaux.....  | 67 |
| ▪ $Al_2O_3$ , $Fe_2O_3$ , $SiO_2$ .....                                      | 67 |
| ▪ $Na_2O$ , $MgO$ , $K_2O$ .....   | 68 |
| ▪ $SO_3$ , $Cl$ .....  | 68 |
| 3. La vulnérabilité des sols par rapport les facteurs physico-chimiques..... | 68 |
| Conclusion générale.....   | 71 |
| Références bibliographiques  |    |
| Annexes  |    |
| Résumé   |    |



## ***LISTE DES FIGURES***

|  |    |
|--|----|
| <b>Figure 1:</b> Répartition des zones arides au niveau mondial.....   | 5  |
| <b>Figure 2:</b> Délimitation des steppes algériennes.....   | 7  |
| <b>Figure 3:</b> Carte bioclimatique de l'Algérie.....   | 8  |
| <b>Figure 4 :</b> Les agrégats du sol démontrent bien comment l'humus permet à tous d'interagir avec tout dans les sols vivants..... | 19 |
| <b>Figure 5 :</b> Localisation des stations dans la wilaya de Saïda.....   | 27 |
| <b>Figure 6:</b> Photo de station 1.....   | 32 |
| <b>Figure 7:</b> Photo de station 2.....   | 32 |
| <b>Figure 8:</b> Photo de station 3.....   | 32 |
| <b>Figure 9 :</b> Photo de station 4.....  | 32 |
| <b>Figure10:</b> Photo de station 5.....   | 32 |
| <b>Figure 11:</b> Photo de prélèvement de sol, station 1.....  | 33 |
| <b>Figure 12:</b> Triangle des textures minérales.....   | 35 |
| <b>Figure 13:</b> Classification d'ATTERBERG adopté par l'association internationale de la science du sol.....                       | 35 |
| <b>Figure 14:</b> Tamis mécanique.....   | 36 |
| <b>Figure 15:</b> Le sol dans une étuve.....   | 37 |
| <b>Figure 16:</b> la mesure de capacité de rétention.....  | 38 |
| <b>Figure 17:</b> Essai de perméabilité.....   | 39 |
| <b>Figure 18:</b> Le sol dans un four a moufle.....  | 40 |
| <b>Figure 19:</b> La mesure de pH et la conductivité électrique.....   | 41 |
| <b>Figure 20:</b> Calcimètre.....  | 42 |

|   |    |
|---|----|
| <b>Figure 21:</b> Broyage des échantillons a analysé dans un broyeur.....                                   | 47 |
| <b>Figure 22:</b> La Presse de pastillage dans une dans une pastilleuse.....                                | 47 |
| <b>Figure 23:</b> Spectromètre RX.....  | 47 |
| <b>Figure 24:</b> Histogramme représentant le taux de l'humidité du sol.....                                | 51 |
| <b>Figure 25:</b> Histogramme représentant le taux de la capacité de rétention du sol.....                  | 52 |
| <b>Figure 26:</b> Histogramme représentant le taux de la densité réelle du sol.....                         | 54 |
| <b>Figure 27:</b> Histogramme représentant le taux de la porosité du sol.....                               | 55 |
| <b>Figure 28:</b> Histogramme représentant le taux de la perméabilité du sol.....                           | 57 |
| <b>Figure 29:</b> Histogramme représentant le taux de la matière organique du sol.....                      | 57 |
| <b>Figure 30:</b> Histogramme représentant pH eau et pH KCL du sol.....                                     | 60 |
| <b>Figure31:</b> Histogramme représentant la conductivité électrique du sol.....                            | 61 |
| <b>Figure 32:</b> Histogramme représentant le taux de calcaire total du sol.....                            | 62 |
| <b>Figure 33:</b> Histogramme représentant le taux de carbone organique du sol.....                         | 62 |
| <b>Figure 34:</b> Histogramme représentant le taux de L'azote total du sol.....                             | 64 |
| <b>Figure 35:</b> Histogramme représentant le taux de rapport C/N du sol.....                               | 66 |
| <b>Figure 36:</b> Histogramme représentant le taux des éléments $Al_2O_3$ , $Fe_2O_3$ , $SiO_2$ du sol..... | 67 |
| <b>Figure 37:</b> Histogramme représentant le taux des éléments $Na_2O$ , $MgO$ , $K_2O$ du sol...          | 68 |

## *LISTE DES TABLEAUX*

|   |    |
|---|----|
| <b>Tableau 1:</b> Superficies des zones arides d'Algérie en $10^3 \text{ Km}^2$ .....                                   | 7  |
| <b>Tableau 2:</b> Répartition géographique des massifs forestiers par espèces ou association d'espèces forestières..... | 11 |
| <b>Tableau3:</b> La nature juridiques et la superficie des forêts concernées.....                                       | 25 |
| <b>Tableau4 :</b> Surface (ha) par classe de pente.....   | 28 |
| <b>Tableau 5 :</b> Classe d'altitude.....   | 28 |
| <b>Tableau 6:</b> données géographique des stations d'études.....   | 31 |
| <b>Tableau 7:</b> les analyses physico-chimiques du sol étudié.....   | 34 |
| <b>Tableau 8 :</b> Classement des sols en fonction de leur rapport C/N.....   | 46 |
| <b>Tableau 9 :</b> Résultats des analyses physico-chimiques du sol.....   | 50 |

## *LISTE DES ANNEXES*

**Annexe 1:** Etude climatique de la zone d'étude.

## *LISTE DES ABREVIATIONS*

B.N.E.D.E.R: Bureau National des Etudes de Développement Rural.

°C: Degré Celsius.

C.C.D : Convention des Nations Unies sur la Lutte contre la Désertification.

D.F.C.I: Défense des Forêts Contre les Incendies.

D.G.F: Direction générale des forêts.

D.P.A.T: Direction de la planification et de l'aménagement du territoire de wilaya de Saida.

F.A.O: Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture.

FD : Forêt domaniale.

h : Hauteur.

K° : kelvin.

m : Température moyenne minimale.

M :Température moyenne maximale.

M.A.A.P.R.A.T: Ministère de l'agriculture, de l'alimentation de la pêche, de la ruralité et de l'aménagement du territoire.

MO : Matière organique.

P: Poids.

pH : Le potentiel hydrogène.

T : Température.

P (mm) : précipitations annuelles en millimètres.

U.E : Union européenne.

---

# *Introduction générale*

---

## **Introduction :**

Les zones arides couvrent environ 40 % de la superficie des terres mondiale et accueillent 2 milliards de personnes, dont 90 % vivent dans les pays en développement. Ces zones reçoivent des quantités relativement faibles de précipitations sous forme de pluie ou de neige (ONU, 2011; MEA 2009).

La plupart des régions semi -arides souffrent d'une érosion importante causé par les précipitations au pouvoir érosif important et généralement plus dévastatrices que les zones tropicales humides à cause du faible couvert végétal. Les travaux documentés de Lowdermilk (1975) montrent bien les ravages de l'érosion passée, dans la région méditerranéenne, et une étude récente montre que la situation continue à se détériorer et ainsi plusieurs hectares de terres sont perdues à jamais.

La conjonction de plusieurs facteurs de pression, comme la croissance démographique, le surpâturage et la sécheresse a eu, ces dernières années, un impact visible sur le couvert végétal et les sols. Le changement climatique, qui accentue la variabilité climatique et exacerbe les processus de dégradation des terres, est loin d'arranger les choses. Des défaillances dans les politiques de gestion des terres, notamment en ce qui concerne les aspects fonciers, augmentent les tendances de dégradation.

Les forêts qu'elle soit dans le semi- aride ou bien dans les autres étages bioclimatiques, elles ont trois fonctions principales : économique, écologique et sociale. La forêt est à la fois un couvert végétal permanent protecteur des sols, régulateur des eaux de ruissèlement et d'infiltration, un décor paysager, une usine à fabriquer de la matière ligneuse, une source d'oxygène inégalable, une banque de gènes inestimable, un réservoir précieux de diversité biologique, un dépoussiéreur et filtre particulier, un dépolluant sans pareil et un régulateur des facteurs climatiques. C'est pour toutes ces raisons que la forêt a été qualifiée de patrimoine de l'humanité (Benabdeli, 2010).

Le sol est le produit de l'altération, du remaniement et de l'organisation des couches superficielles de la croûte terrestre sous l'action de la vie, de l'atmosphère et des échanges qui s'y manifestent. Le sol est, dans la biosphère, un lieu de rencontre où s'affrontent la majeure partie des éléments qui la constituent : l'eau, l'air, les facteurs climatiques et physico-chimiques et les micro-organismes, tous participent à l'élaboration du sol. Selon la nature de la roche mère (substrat sur lequel il repose) et le type de climat, le sol sera différent, il convient donc de parler des sols et non pas du sol. La matière végétale est élaborée à partir de sels minéraux du sol, d'énergie et d'eau, il est important de connaître la quantité des sels minéraux prélevée par les cultures pour apprécier son importance dans l'environnement humain (Benabdeli, 2010).

Ce travail a pour objectif d'étudier la qualité physico-chimique des sols forestiers sous climat semi-aride voir quels sont les facteurs édaphiques limitant dans ces sols. Dans cette étude nous nous sommes intéressés plus particulièrement à cinq (05) forêts de pin d'Alep qui se situe dans la wilaya de Saïda, parmi ces forêts on a : les Forêt de Djaafra Chérage, fenouane, Tendfelt, Maalif (zones situées dans la Daïra d'Ain El Hadjar, écosystème développés sur roches calsimagnésique) et la cinquième forêt de Hassasena (situer dans la commune d'El Hassasna).

Il s'agit dans ce travail de voir s'il existe des relations fonctionnelles entre les différents compartiments souterrains sous l'effet du climat.

---

## *CHAPITRE I*

### *Généralité sur les forêts des zones semi-aride et steppiques*

---



# **1. Généralité sur les forêts des zones semi-arides et steppiques :**

## **Introduction :**

La forêt est une chance pour l'homme, alors même que l'on parle du réchauffement du climat, de la détérioration de la couche d'ozone et de la qualité de l'eau, de l'abondance des déchets, du bruit dans les villes ou de la pollution de l'air ... Même si les terres émergées ne représentent que 29,2% de la surface de la planète, elles supportent, sur près du tiers, un couvert forestier. A l'échelle mondiale ces peuplements se partagent grossièrement entre :

- Les conifères contrées nordiques et d'altitude ;
- Les feuillus des régions tempérées et intertropicales.

Compte-tenu de leur productivité moyenne et des dimensions habituelles de leurs constituants, les forêts sont le réservoir de 80 % de la biomasse planétaire !

La forêt est pour l'humanité un instrument de salut à la fois pour la régénération de l'atmosphère, pour la protection des sols, et pour le maintien des ressources hydrauliques (Boullard, 1992).

## **1.4. Présentation des zones semi-arides et steppiques :**

### **1.4.1. Dans le monde :**

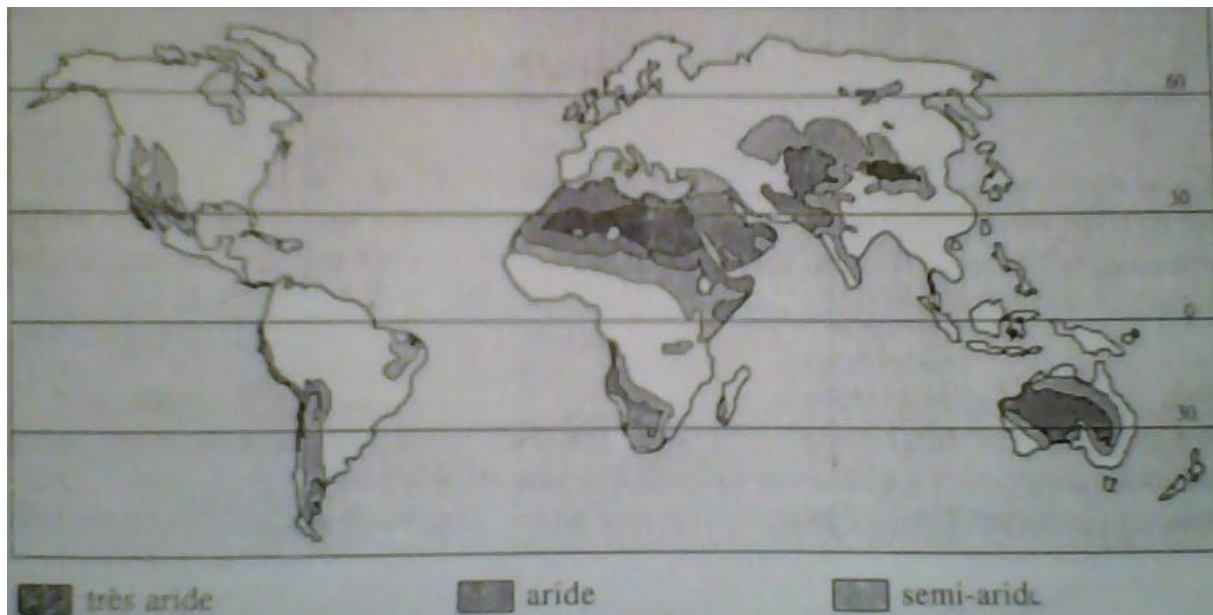
Ce sont des régions où les précipitations sont moindres que l'évapotranspiration, au moins durant une période plus au moins longue de l'année. D'après Emberger, on peut distinguer trois domaines d'aridité d'après la pluviométrie annuelle:

Le domaine hyperaride ( $P < 100$  mm)

Le domaine aride ( $100 < P < 300-400$  mm)

Le domaine semi-aride ( $300-400 < P < 600$  mm).

Ces trois domaines occupent environ 1/3 de la surface terrestre (figure 1), soit 46 millions de Km<sup>2</sup> englobant 55% de l'Afrique et plus de 2/3 de l'Australie, qui doivent nourrir près de 700 millions d'habitants.



**Figure 1:** Répartition des zones arides au niveau mondial (Robert, 1996).

Le déficit hydrique des sols s'avère évidemment une contrainte majeure pour le développement de la végétation, mais ce sont des zones également particulièrement sensibles à l'érosion éolienne, et souvent à l'érosion hydrique ; l'homme par une mauvaise exploitation ou trop intensive du milieu naturel a souvent contribué à la destruction du couvert végétal (Robert, 1996).

Les zones arides et semi-arides se trouvent surtout dans les régions tropicales et subtropicales dont les climats sont plus ou moins influencés par les variations de latitude de la zone de convergence intertropicale, cette dernière étant définie comme la région de basse pression atmosphérique où convergent les vents de l'hémisphère sud et de l'hémisphère nord. Dans de nombreuses régions arides situées au voisinage des tropiques, les hauteurs mensuelles maximales de précipitation sont liées à la position saisonnière de cette zone de convergence, dont l'éloignement par rapport à l'équateur détermine chaque année le volume des précipitations dans ces régions (Jones *et al.* 1981). Les facteurs précédents exercent une action réciproque sur les trois conditions généralement reconnues comme les causes principales de l'aridité (Reitan *et Green* 1968). Celles-ci sont d'abord l'isolement d'une région privée d'un important apport d'humidité océanique, par exemple en raison de la présence de hautes montagnes; deuxièmement, la formation de masses d'air sec et stable résistant aux courants de convection; et troisièmement, l'absence des systèmes de perturbation (Armitage, 1986).

Les caractéristiques des climats semi-arides sont encore plus variables que celles des régions arides, mais, comme on peut s'en douter, elles n'entravent pas autant la croissance des plantes. Fuchs (1973) considère comme semi-arides toutes les régions où l'insuffisance des précipitations nécessite l'irrigation des cultures au cours d'une partie de la période de

végétation. Même s'il est possible de pratiquer l'aridoculture, les rendements sont faibles et limités à quelques espèces xérophiles.

On peut classer dans la zone semi-aride ainsi définie plusieurs climats: le *climat tropical de savane*, le *climat subtropical méditerranéen* et le *climat steppique*, néanmoins très différents sur le plan des températures, des précipitations (pouvant atteindre dans tous les cas 750 mm par an) et de leur répartition, ainsi qu'au niveau de leurs cycles annuels.

Le *climat de savane*, qui occupe la plus grande partie de la zone de convergence intertropicale, est suffisamment chaud pour permettre la croissance des plantes tout au long de l'année, les températures les plus élevées survenant au cours de la période de végétation.

Le *climat méditerranéen* bénéficie d'un hiver doux bien défini, au cours duquel survient la plus grande partie des précipitations. Par contre, l'été est généralement chaud et sec. On rencontre ce genre de climat dans les régions du globe situées entre la zone tropicale et la zone tempérée. L'agriculture non irriguée se pratique donc en hiver (par exemple le blé), alors que les cultures estivales se limitent à un petit nombre d'espèces à croissance très rapide ou à des plantes dont le système racinaire s'enfonce profondément dans les couches humides du sol. La pluviosité est impossible à prévoir et les volumes annuels très variables.

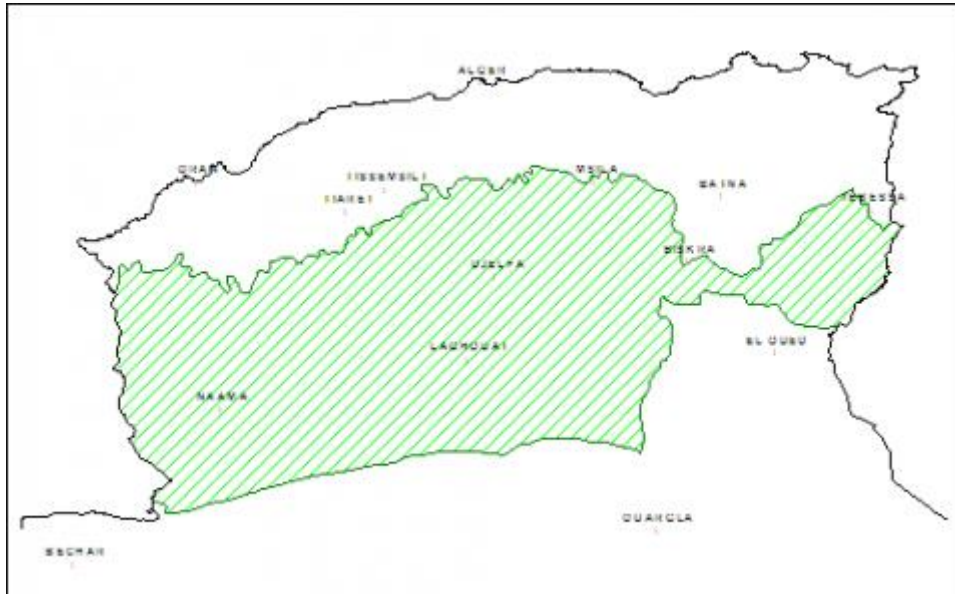
Enfin, le *climat steppique*, qui comprend un grand nombre de variantes, constitue la zone climatique occupant la plus vaste superficie du globe. Il se situe entre, d'une part, les climats arides et, d'autre part, les climats de savane, méditerranéenne ou tempéré subhumide. Comme dans le cas des climats méditerranéens et de savane, le rayonnement solaire et les températures estivales offrent des conditions propices à une exploitation à haut rendement (Armitage, 1986).

## **1.4.2. En Algérie :**

### **1.4.2.1. Situation géographique :**

Un ensemble des hauts plateaux qui occupe un espace de l'ordre de 9% de la superficie totale, caractérisé par un climat semi-aride. Cette zone est soumise à un processus de désertification du fait de la sécheresse, de la fragilisation des sols soumis à l'érosion éolienne, de la faiblesse des ressources hydrauliques et de la pratique intensive de l'agro-pastoralisme (C.C.D, 2004).

Sur le plan physique, les steppes algériennes, situées entre l'Atlas Tellien au Nord et l'Atlas Saharien au Sud (figure 2), couvrent une superficie globale de 20 millions d'hectares. Elles sont limitées au Nord par l'isohyète 400 mm qui coïncide avec l'extension des cultures céréalières en sec et au Sud, par l'isohyète 100 mm qui représente la limite méridionale de l'extension de l'alfa (*Stipa tenacissima*) (Nedjraoui et Bédrani, 2008). Réparties administrativement à travers 08 wilayas steppiques et 11 wilayas agro-pastorales totalisant 354 communes (Nedjimi et Homida, 2006).



**Figure 2 : Délimitation des steppes algériennes (Nedjraouiet Bédrani, 2008).**

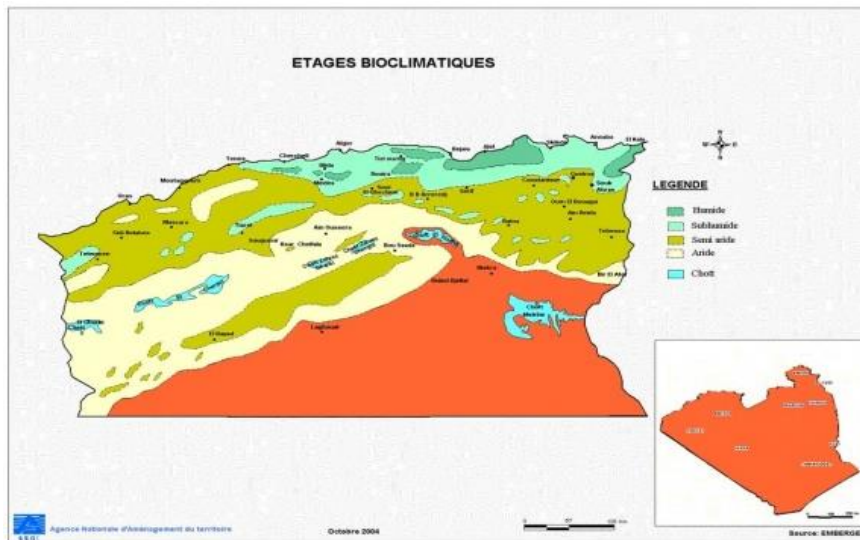
#### 1.4.2.2. Spécificité climatique :

Le climat des zones steppiques varie du semi-aride inférieur frais au nord à l'aride inférieur tempéré au sud (Nedjimi *et* Homida, 2006).

Les étages bioclimatiques s'étalent du semi-aride inférieur frais au per aride supérieur frais (Tableau1, figure 3). Ce zonage bioclimatique est actuellement en cours de révision par les chercheurs qui se penchent sur l'impact des changements climatiques et celui du processus de désertification sur ces limites (Nedjraoui *et* Bédrani, 2008).

**Tableau1 :** Superficies des zones arides d'Algérie en  $10^3 \text{ Km}^2$  (Madani, 2008).

| Pluviosité moyenne             | La superficie |
|--------------------------------|---------------|
| Semi- aride à humide $P > 400$ | 181           |
| Arde supérieur $400 > P > 300$ | 59            |
| Arde moyenne $300 > P > 200$   | 70            |
| Arde inférieur $200 > P > 100$ | 87            |
| Zone aride total               | 216           |
| Hyper aride supérieur          | 386           |



**Figure 3:** Carte bioclimatique de l'Algérie (Nedjraoui *et* Bédrani, 2008).

### 1.4.2.3. Spécificité végétale :

Les hauts plateaux sont couverts d'une végétation de type steppe arborée avec le pistachier de l'atlas (betoum), le genévrier de phoenicie et l'alfa (C.C.D, 2004).

D'après Nedjimi *et* Homida (2006), la végétation steppique est représentée par quatre (04) grands types de formations (8) :

#### Les parcours à graminées :

- *Stipa tenacissima* (l'Alfa).
- *Lygeum spartum* (Sparte).
- *Aristida pungens* (Drinn).

#### Les parcours à chamaephytes :

- *Artemisia herba alba* (Armoise blanche).
- *Artemisia campestris* (Armoise champêtre).
- *Arthrophytum scoparium* (Remth).
- *Thymelaea microphylla* (Methnane).

#### Les parcours à espèces crassuléscentes :

- *Atriplex halimus*.
- *Salsolavermiculata*.
- *Suaedafructuocosa*.

#### Les parcours dégradés et post culturales :

- *Noaeamicronata*.
- *Piganumharmala*
- *Asatragalusarmatus*.

## **1.5. Les forêts des zones semi-arides et steppiques :**

### **1.5.1. La superficie :**

Les forêts couvrent moins de 2 % de la superficie du pays. D'importants projets de reboisement ont été entrepris dans les années 1970. La production de bois reste modeste : 2,37 millions de m<sup>3</sup> en 1993. La lutte contre la déforestation liée aux incendies répétitifs et d'origine aussi bien accidentelle que criminelle, mérite un effort soutenu d'autant que les métiers qu'ouvre la forêt constituent un réservoir d'emplois, dans un pays qui souffre d'un très fort taux de chômage. Par ailleurs la politique forestière constitue un instrument primordial pour lutter contre l'érosion des terres particulièrement en pente (C.C.D, 2004).

Avec une superficie totale de 238 millions d'hectares, l'Algérie ne compte que 3.670.000 hectares de forêts et 1.876.000 hectares de maquis et est classée de ce fait parmi les pays à faible taux de boisement. Les formations forestières de notre pays sont composées essentiellement d'espèces résineuses à raison de 70 % et d'espèces feuillus pour le reste soit 30 %. Les principales espèces peuvent être hiérarchisées selon le pourcentage de la surface qu'elles occupent comme suit : Pin d'Alep (*Pinus halepensis*) 60 %, Chêne liège (*Quercus suber*) 15% ; Chêne vert (*Quercus ilex*) 7% ; Thuya (*Tetraclinis articulata*) 6%, Chêne zéen (*Quercus mirbekii*) 3% ; (*Eucalyptus*) 3% ; Pin maritime (*Pinus pinaster*) 2% ; Cedres (*Cedrus atlantica*) 1% ; Genévrier (*Juniperus*) 1% et d'autres espèces 2%.

Les formations forestières algériennes se caractérisent par l'irrégularité de leur peuplement, la dominance d'une espèce avec tous les risques, un sous-bois développé et souvent dense encourageant les incendies, une régénération naturelle presque absente et une carence manifeste en aménagement et suivi. Le retard en matière de conduite de formations forestières dans leur ensemble s'est soldé par des incendies catastrophiques annuellement détruisant plus de 30.000 hectares en moyenne soit 0,5 % de la superficie forestière. Les principales causes de ces incendies destructeurs sont la faiblesse des aménagements, un réseau d'infrastructure inefficace et limité, l'extension des terres agricoles et la recherche d'espaces de parcours.

Le volume de matière ligneuse retiré au niveau national reste très faible et ne dépasse pas 100.000 mètre cube de bois d'œuvre et 1.000.000 de stères de bois d'industrie et de chauffage. La production forestière en matière de bois ne couvre qu'à peine 2 % des besoins alors que la valeur des importations dépasse les 1 milliard de dinars annuellement (Benabdeli, 2010).

## **1.6. Les forêts de la wilaya de Saïda :**

La wilaya compte l'un des grands potentiels forestiers de l'ouest algérien avec Sidi Bel Abbas et Tlemcen. En effet, son patrimoine forestier couvre une superficie globale de 156.401 Ha toutes formations végétales confondues. A cela, il faut ajouter une zone steppique de 120.000 ha dont 29.000 ha de nappes alfatières potentiellement exploitables pour les besoins industriels et artisanaux.

Les principales essences forestières sont les suivantes:

- ◆ Le pin d'Alep
- ◆ Le chêne vert
- ◆ Le thuya de berberie
- ◆ Le genévrier oxycédre
- ◆ Les lentisques
- ◆ L'eucalyptus

La wilaya de Saïda couvre trois grands ensembles écologiques assez distincts qui constituent les centres d'intérêt en matière de développement forestier.

IL s'agit:

- ◆ De la zone écologique du chêne vert (chênaie d'El Hassasna).
- ◆ De la pineraie de Saïda.
- ◆ De la zone steppique (D.P.A.T, 2008).

La couverture forestière atteint dans la wilaya de Saida plus de 25% de la superficie contre seulement 4 % pour l'ensemble de la région. C'est un taux qui est proche de celui observé dans la Wilaya de Sidi Bel Abbas. Les espèces forestières les plus présentes sont surtout le pin d'Alep (69 % des espèces) et le chêne vert ainsi que le thuya. Selon les services forestiers de la Wilaya, le maquis couvre également d'importantes superficies (D.P.A.T, 2008).

**Tableau 2 :** Répartition géographique des massifs forestiers par espèces ou association d'espèces forestières (D.P.A.T, 2008).

| Massifs Forestiers | Nature Juridique        | Pin D'Alep Pur (Has) | Chêne Vert (Has) | Thuya (Has) | Genèvre ChêneKermès (Has) | Autres Espèces (Has) | Vides Enclaves (Has) | Superficie Totale (Has) |
|--------------------|-------------------------|----------------------|------------------|-------------|---------------------------|----------------------|----------------------|-------------------------|
| Saida              | Domaniale               | 411                  | -                | -           | -                         | -                    | -                    | 411                     |
| Ain El Hadjar      | Domaniale               | 18002                | -                | -           | -                         | -                    | -                    | 18002                   |
| Moulay Larbi       | Domaniale               | 4661                 | -                | -           | -                         | -                    | -                    | 4661                    |
| Sidi Ahmed         | Domaniale               | 3657                 | -                | -           | -                         | -                    | -                    | 3657                    |
|                    | Domaine privé de l'état | 5978                 | -                | -           | -                         | -                    | -                    | 5978                    |
| Youb               | Domaniale               | 6839                 | -                | -           | -                         | 2547                 | -                    | 9386                    |
|                    | Domaine privé de l'état | 150                  | -                | -           | -                         | 1066                 | -                    | 1216                    |
|                    | Forêt privé             | -                    | -                | -           | -                         | 544                  | 56                   | 600                     |
| DouiThabet         | Domaniale               | 1080                 | -                | -           | -                         | 4600                 | -                    | 5680                    |
|                    | Domaine privé de l'état | 610                  | -                | -           | -                         | 2000                 | -                    | 2610                    |
|                    | Forêt privé             | -                    | -                | -           | -                         | 459                  | -                    | 459                     |
| Hassasnas          | Domaniale               | -                    | 14934            | -           | -                         | -                    | -                    | 14934                   |
|                    | Domaine privé de l'état | -                    | 6080             | -           | -                         | -                    | 300                  | 6380                    |
| Maamora            | Domaniale               | -                    | 14239            | -           | -                         | -                    | -                    | 14239                   |
|                    | Domaine privé           | -                    | 2040             | -           | -                         | -                    | -                    | 2040                    |
| Skhouna            | Forêt privé             | -                    | 6080             | -           | -                         | 6875                 | 386                  | 7261                    |
| Ouled Khaled       | Domaniale               | 4498                 | -                | -           | -                         | -                    | -                    | -                       |
|                    | Domaine privé de l'état | 675                  | -                | -           | -                         | -                    | -                    | 675                     |
|                    | Forêt privé             | -                    | -                | -           | -                         | 760                  | -                    | 760                     |
| Sidi Amar          | Domaniale               | 2900                 | -                | -           | -                         | -                    | -                    | 2900                    |
|                    | Domaine privé de l'état | 2202                 | -                | -           | -                         | -                    | -                    | 2202                    |
|                    | Forêt privé             | -                    | -                | -           | -                         | 451                  | -                    | 451                     |
| Sidi Boubekeur     | Domaniale               | 3616                 | -                | -           | -                         | -                    | -                    | 3616                    |
|                    | Domaine privé de l'état | 1370                 | -                | -           | -                         | -                    | -                    | 1370                    |
|                    | Forêt privé             | -                    | -                | -           | -                         | 3000                 | -                    | 3000                    |
| Hounet             | Domaniale               | -                    | -                | 690         | -                         | -                    | -                    | 690                     |
|                    | Domaine privé de l'état | -                    | -                | 2841        | -                         | -                    | -                    | 2841                    |
|                    | Forêt privé             | -                    | -                | -           | -                         | 480                  | -                    | 480                     |
| Ouled Brahim       | Domaniale               | -                    | -                | 4352        | -                         | -                    | -                    | 4352                    |
|                    | Domaine privé de l'état | -                    | 4918             | 1830        | -                         | -                    | -                    | 6748                    |
|                    | Forêt privé             | -                    | -                | -           | -                         | 470                  | -                    | 470                     |
| Tircine            | Domaniale               | -                    | -                | 4586        | -                         | -                    | -                    | 4586                    |
|                    | Domaine privé de l'état | -                    | -                | 1876        | 7820                      | -                    | -                    | 9696                    |
|                    | Forêt privé             | -                    | -                | -           | -                         | 380                  | -                    | 380                     |
| Ain Soltane        | Domaine privé de l'état | 5980                 | -                | 2660        | -                         | -                    | -                    | 8640                    |
|                    | Forêt privée            | -                    | -                | -           | -                         | 532                  | -                    | 532                     |
| Total              |                         | 62629                | 42211            | 18835       | 7820                      | 24164                | 742                  | 156401                  |

Les espèces forestières les plus présentes sont le pin d'Alep (40 % des espèces) et le chêne vert ainsi que le thuya. (D.P.A.T, 2008).



---

## *CHAPITRE II*

# *Vulnérabilité et dégradation des sols forestiers des zones semi arides et steppiques*

---

## **Introduction :**

Les sols constituent l'élément essentiel des biotopes propres aux écosystèmes continentaux leur ensemble, dénommé pédosphère, résulte de l'interaction de deux compartiments biosphériques : l'atmosphère et des couches superficielles de lithosphère (Ramad, 2003).

## **6. Présentation des sols semi arides et steppiques :**

Les sols dénommés, sols arides ou aridisols dans la classification américaine sont en général peu développés sur le plan morphologique et ont une structure très instable du fait des variations brutales de température et d'humidité (Robert, 1996).

Les zones semi-arides renferment des sols plus développés que les régions arides; le couvert végétal se compose d'herbe et, lorsque l'humidité est plus grande, de savane. Les sols sont beaucoup mieux lessivés, surtout dans les horizons A et B, et l'horizon calcaire, s'il y en a un, se trouve à des profondeurs plus grandes. On remarque fréquemment des fissures dans les sols asséchés à texture fine. À mesure que l'aridité diminue, la structure des sols s'améliore, et dans les lits d'inondation et les dépressions, ceux-ci sont relativement bien développés; de plus, les dépressions mal drainées sont souvent caractérisées par des sols alcalins. Dans les régions où l'alternance des saisons humides et sèches est plus marquée, la pédogenèse tend, dans l'ensemble, à être davantage prononcée et élaborée. Lorsque le drainage naturel ne peut se faire, comme dans les hautes terres de la vallée de l'Indus, au Pakistan, en raison de la présence d'une crête souterraine, ou lorsque les méthodes d'irrigation choisies sont peu efficaces, les sédiments des plaines limoneuses ou argileuses peuvent devenir salins ou alcalins (Armitage, 1986).

Les caractères essentiels que l'en retrouve dans la plupart des sols de ces régions sont leur absence de lessivage, sauf en ce qui concerne les éléments solubles, et leur richesse en matière organique répartie non pas seulement ont un horizon superficiel s'arrêtant brusquement on profondeur, mais dans tout son profil. Celle-ci, ou bien n'est pas évoluée, par suite du climat trop sec ou est fortement humidifiée. Il ne se forme pas d'humus grossier dans ces régions. L'horizon même le plus riche on humus est ou neutre – quelquefois faiblement acide – ou alcalin ces sols se forment sous une température moyenne peu élevée – 10 à 15°, par exemple : les réactions d'hydrolyse sont assez limitées, et assez peu d'hydrate de fer est individualisé ; le sol reste assez foncé. Suivant la valeur de la pluviométrie et la densité de la végétation, il se formera un sol gris, un sol brun, un sol châtain de plus en plus riche en matière organique et en humus. Si au contraire, la température moyenne est plus élevée (20 à 25°) par exemple – les phénomènes d'hydrolyse revêtent une plus grande intensité, la masse

d'hydrate de fer individualisée au cours de la pédogénèse devient plus importante, et la couleur foncée fait place à la teinte plus rouge, des sols brun-rouge, ou des sols châtain-rouge qui se développent (Aubert, 1950).

D'un point de vue chimique, un autre élément dont l'évolution est fondamentale dans la pédogénèse de ces régions semi-aride est le calcaire. Dans certains sols. Comme dans ceux que nous venons d'indiquer plus haut, cet élément tend à être entraîné en profondeur où il peut parfois se concrétionner. Dans d'autres, au contraire, il reste réparti dans tout l'ensemble du profil, et sa teneur dans les horizons superficiels n'est guère plus faible que dans les horizons profonds ; le sol peut alors être une rendzine. Sur calcaire, c'est ce second type de pédogénèse qui se développe, lorsque la pluviométrie est suffisante pour que la végétation de graminées reste dense, mais assez faible cependant pour que l'entraînement du calcaire en profondeur soit très ralenti. Le même résultat peut prévenir simplement d'une accentuation des phénomènes de remonter pendant la période sèche ; ou de conditions climatiques – variations très fréquentes et fortes de l'humidité du sol et du sous-sol, gels importants, etc... - telles que la désagrégation de la roche-mère soit assez intense et son altération faible. La cause de cette évolution peut également être recherchée dans le caractère pétrographique du calcaire, facilement et finement brisable, mais assez largement cristallisé pour ne se dissoudre que lentement (Aubert, 1944). Enfin, c'est souvent à sa position on pente qu'est due l'apparition d'une rendzine dans ces régions, comme cela a été aussi mis en évidence dans les contrées plus humides (Demolon, 1948).

Si l'évolution du calcaire est si importante dans la genèse des sols de ces régions, c'est essentiellement par suite des alternatives très brutales d'humidité forte en temps de pluie et de sécheresse intense pendant la plus grande partie de l'année, auxquelles ils sont soumis. Aussi l'évolution de sols encore plus solubles, tels que chlorures et sulfates de sodium, magnésium et calcium, devient-elle l'élément essentiel de la dynamique de ces sols (Aubert, 1950).

Selon Kellogg (1938), les sols de type steppique ceux qui correspondent aux régions les plus arides, sont dénommés sols gris subdésertiques et sol rouges subdésertiques, Il correspondant aux greydesrt, reddesertsoils et sierzems des auteurs américains.

La plus part des sols steppiques sont caractérisés par la présence d'accumulation calcaire réduisant la profondeur de sol utile ; ils sont généralement pauvres en matière organique et sensibles à la dégradation. Les bons sols dont la superficie est limitée, se situent au niveau des dépressions (sols d'apport alluvial) soit linéaire et constituées par les lits d'oueds soit fermées et appelées Dayas (Nedjimi *et* Homida, 2006).

Les sols steppiques sont caractérisés par la présence d'accumulation calcaire, la faible teneur en matière organique et une forte sensibilité à l'érosion et à la dégradation. Les ressources hydriques sont faibles, peu renouvelables, inégalement réparties et anarchiquement

exploitées. Les points d'eau sont au nombre de 6500 dont plus de 50% ne sont plus fonctionnels (Nedjraoui *et* Bédrani, 2008). Selon C.C.D (2004), en zone steppique on trouve une mosaïque des sols plus évolués et très souvent dégradés et pauvres en matière organique.

## **7. Dégradation des sols semi arides et steppiques :**

D'après C.C.D (2004), l'expression "dégradation des terres" désigne la diminution ou la disparition, dans les zones arides, semi-arides et subhumides sèches, de la productivité biologique ou économique et de la complexité des terres cultivées non irriguées, des terres cultivées irriguées, des parcours, des pâturages, des forêts ou des surfaces boisées du fait de l'utilisation des terres ou d'un ou de plusieurs phénomènes, notamment de phénomènes dus à l'activité de l'homme et à ses modes de peuplement, tels que:

- l'érosion des sols causée par le vent et/ou l'eau,
- la détérioration des propriétés physiques, chimiques et biologiques ou économiques des sols,
- la disparition à long terme de la végétation naturelle;

Les pertes de productivité des sols dégradés en milieu steppiques sont importantes. Selon une étude du haut-commissariat au développement de la steppe (HCDS), la production totale de la steppe qui était de 1.6 milliard d'unités fourragères en 1978, n'atteint plus aujourd'hui que le tiers, soit environ 530 millions d'unités fourragères.

L'érosion éolienne est le phénomène le plus remarquable et joue un grand rôle dans la formation des reliefs et dans la destruction des sols. Son effet est accentué par la rareté d'espèces arborescentes et arbustives (C.C.D, 2004).

D'après Aubert (1950), lorsque l'érosion, surtout éolienne, l'attaque ce qui est fréquent dans ces régions où la couverture de graminées meurt pendant la longue saison sèche, période où les vents sont souvent particulièrement violents, le sol brun s'appauvrit en matière organique et tend à se rapprocher des sol gris. Il s'agit là d'une véritable dégradation. En Algérie, les sols bruns se retrouvent sur les hauts plateaux, mais souvent, du fait du surpâturage, ils ont été érodés, dégradés et le début d'encroûtement qui y avait pris naissance s'est transformé en une croûte calcaire, dure.

Par ailleurs, on de nombreux cas, un sol qui, naturellement évoluerait vers le type des sols châtaîns rouges se dégrade sous l'influence de l'homme. La végétation très réduite ne permet plus l'accumulation de la matière organique et le sol beaucoup moins riche en humus et soumis sans défense naturelle à tous les agents d'érosion, devient aussi moins fertile.

## **8. Origine et diversité des sols semi-arides et steppiques :**

La formation des sols représente un processus complexe consistant en la transformation des roches situées à la surface de la croûte terrestre (roches mères) par l'effet conjugué des facteurs climatiques et des êtres vivants. Il est en réalité impossible de

comprendre la genèse des sols si l'on ne prend pas en considération le rôle des organismes : bactéries, champignons et autres cryptogames, plante verte, pédofaune. Bien que nous traitions plus en détail la pédogenèse et la structure des principaux sols. Rappelons cependant que l'altération des roches mères commence par un phénomène de désagrégation physique. Celui-ci est provoqué par l'action des facteurs climatiques (variations nyctémérales de température, érosion hydrique), à laquelle s'ajoute ultérieurement la fracturation du substratum rocheux par les racines des végétaux. Un processus de décomposition chimique lui fait suite, induit par le lessivage qu'effectuent les eaux d'infiltration chargées de substance dissoute (CO<sub>2</sub> par exemple) qui solubilisent la roche et aussi par les sécrétions corrosives de divers végétaux pionniers. L'ensemble de ces processus fragmente la roche mère et la transforme chimiquement en la dissociant en ses composés initiaux.)

En définitive, les sols résultent de l'action extrêmement intriquée et complexe des facteurs abiotiques et biotiques, qui conduit à l'élaboration d'un mélange intime de matières minérales et organiques provenant de la décomposition des êtres vivants après leur mort et de leurs excréta (litière, racines mortes, cadavres d'animaux, fèces, etc.) (Ramad, 2003).

Dans les parties les plus pluvieuses de ces régions semi-arides, des rendzines peuvent se développer à partir de roches-mères calcaires. Elles sont riches en matière organiques et dès la surface en calcaire, et possèdent une structure grenue (rendzines proprement dites) ou finement polyédrique (sols bruns calcaires).souvent, celles sont très profondes et peuvent alors avoir certains des caractères des chernozems. Elles en diffèrent encore cependant, par un entraînement moins prononcé du calcaire, et une structure grenue moins stable (Aubert, 1950).

Une steppe, où domine le palmier nain (*Chamaerops Humilis*) ou "Doum" a remplacé la forêt disparue. Le sol, déjà privé de son calcaire souvent ces sols ont pris naissance sur marnes, grès calcaires ou calcaires durs, dolomitiques dans ses horizons supérieurs, et riche en concrétions, provenant surtout de la décomposition des racines de doum (Aubert, 1950).

L'origine de ces horizons de croûte a été discutée, même, en 1947, à la conférence de pédologie d'Alger. En effet, cette origine peut être très diverse, et c'est souvent en analysant la géomorphologie de la région, plus que la morphologie du sol lui-même au point où il est observé, encore que son étude détaillée soit très instructive, que l'on peut comprendre sa genèse. Cette croûte calcaire peut être due en effet à l'action d'une nappe phréatique (E.H. delVillar), à un dépôt de source (G. Gaucher), à un phénomène d'entraînement du calcaire vers le bas (H. Rosoau, Yankovitch) ou au contraire à des phénomènes de remontée de cet élément vers les horizons superficiels, comme nous l'avons montré dans certains cas, ou vers la surface (V. Agafonoff) et à son dépôt par évaporation et départ du gaz carbonique.

Au lieu que la croûte durcie soit constituée par du calcaire, elle peut l'être par du gypse (Erhart, 1943) ou de la silice.

Cet horizon si dur est toujours une gêne pour la végétation naturelle ou les cultures. Formé en surface, il rend le sol stérile.

Croûtes calcaires et croûtes gypseuses sont très répandues en Afrique du nord. Elles y sont souvent fossiles (vallée du chéiff en Algérie) ou subactuelles. En d'autres points ce n'est pas le calcaire qui concrétionné mais les hydrates et oxydes de fer. Parfois le même sol comporte les deux, mais leurs horizons de la formation ne sont pas exactement les mêmes. Sols à concrétions ferrugineuses et sols à nodules calcaires peuvent avoir, comme les sols à croûte, diverses origines : témoins d'anciens sols forestiers – ou souvent, de savanes arborées, où ces éléments avaient pris naissance en profondeur mais sont venus en surface sous l'influence de l'érosion (Erhart, 1943) ; ou, ailleurs, produits de l'action d'une nappe phréatique à niveau fluctuant, ou assez proche de la surface pour que, par évaporation, ces éléments calcaires ou ces hydrates de fer puissent se déposer (Aubert, 1949). Les sols à gravillons ferrugineux sont, eux, le résultat de la destruction d'anciennes cuirasses ferrugineuses, démantelées par l'érosion, et du transport et dépôt des éléments qui en proviennent. Ils peuvent être différenciés, morphologiquement des sols à concrétions ferrugineuses. Les sols à cuirasse ferrugineuse ne paraissent pas se former dans ces régions semi-arides d'Afrique. Ils peuvent y exister, fossiles, comme en Mauritanie occidentale 'près d'Akjoujt), ou sud orientale (sud de Néma), au Soudan (Boulol, Daoumas, etc.) ou au Niger.

Les sols à alcalis sont caractérisés par l'enrichissement de leur complexe absorbant en sodium ou, parfois, en magnésium échangeables. Leur structure est diffuse. Ils sont généralement compacts et toujours très peu perméables. Leur imperméabilité peut devenir pratiquement absolue. Formés sous l'influence de sels solubles, ils peuvent cependant en avoir été, ensuite, lessivés. Ailleurs, et c'est le cas le plus fréquent en zone semi-aride, mais aussi, le plus défavorable, ils restent très riches en éléments toxiques. Dans le cas extrême, toute végétation disparaît à leur surface.

Dans les régions semi-arides, les sols noirs de bas-fonds n'ont qu'une faible extension. Signalons enfin les sols peu évolués, sols colluviaux, souvent caillouteux, ou sols alluviaux, qui eux, sont en général fertiles. Ils sont souvent du point de vue agricole parmi les plus intéressants de tous ceux de ces régions, parce que souvent susceptibles d'être irrigués.

## **9. Concept de qualité des sols semi-arides et steppiques :**

Selon F.B.I.L (2013), par opposition à l'approche purement chimique des éléments nutritifs, on a longtemps cherché à distinguer la fertilité du sol à l'aide de la chimie de l'humus en essayant de définir et de classer l'humus en passant directement par ses différentes structures chimiques. Cela n'a pas apporté grand-chose, et aujourd'hui on examine

d'autres caractéristiques comme la disponibilité des éléments nutritifs, le rapport C/N de la matière organique ainsi que les processus de métamorphose qui sont à l'œuvre dans le sol et la qualité de l'humus qu'il contient, qui servent de mesure pour :

- Les quantités d'éléments nutritifs directement disponibles pour les plantes – Quels éléments se trouvent dans un extrait à l'eau chaude du sol ?
- Les éléments nutritifs facilement accessibles qui se trouvent dans le cycle de la vie – Quelle est la quantité de biomasse microbienne et quel est son rapport C/N ?
- La stabilité de l'humus : l'humus stable est plus lourd que l'humus jeune – Quelle est la complexité de ses molécules ? Quelle est sa densité ?

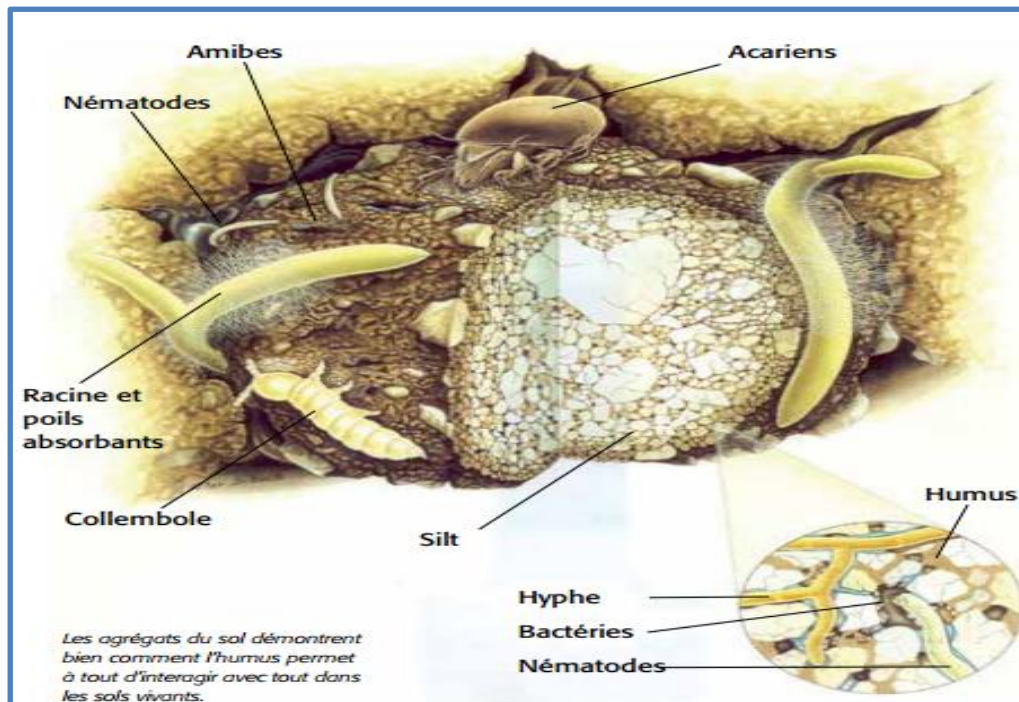
Les diagnostics et mesures présentés ci-dessous se référant aux possibilités d'observer le sol et de le décrire à l'aide de ses différentes caractéristiques :

➤ **Les caractéristiques physiques** peuvent être identifiées à l'aide du test à la bêche. Les sols en bon état physique offrent aux racines des plantes et à toute la pédofaune un espace de vie et de travail et suffisamment d'air à respirer. La tâche de l'agriculteur est de stabiliser la structure du sol avec les racines des plantes, à la rendre portante et à éviter les tassements en n'utilisant les différentes machines qu'en prenant de grandes précautions.

➤ **Les propriétés chimiques** sont identifiables par la mesure des différents éléments nutritifs et aussi éventuellement de certains polluants et par exemple du pH (mesure de l'acidité). L'organisme sol-plante chimiquement bien doté dispose de tous les éléments chimiques et molécules organiques pour son alimentation. Les produits métaboliques complexes des différents organismes favorisent les réactions immunitaires des plantes. En lui redonnant les éléments prélevés, nous essayons de soutenir le bon équilibre de ces propriétés. Les sols surexploités doivent tout d'abord être rééquilibrés.

➤ **Les propriétés biologiques** du sol sont révélées par les processus de métamorphose qui s'y déroulent ainsi que la présence et les traces visibles des êtres vivants qui s'y trouvent. Dans les sols en équilibre écologique autorégulant, les biocénoses sont robustes et actives au bon moment et tous ses animaux, plantes et microorganismes agissent les uns pour les autres.

L'effet global de toutes ses mesures permet de voir la qualité des sols.



**Figure 4 :** Les agrégats du sol démontrent bien comment l'humus permet à tous d'interagir avec tout dans les sols vivants (F.B.I.L, 2013).

## 5. L'effet de la sécheresse (aridité) sur les propriétés des sols semi-arides et steppiques :

Le continent africain est particulièrement menacé par la sécheresse et la désertification en raison de plusieurs paramètres :

- il contient une forte proportion de zones arides, semi-arides et subhumides ;
- il est souvent affecté par des périodes de sécheresse importantes ;
- il semblerait que les changements climatiques prévisibles puissent conduire à une plus grande variabilité climatique, une plus grande irrégularité des périodes pluvieuses et des périodes sèches, une plus grande violence des pluies et donc une sensibilité plus grande à l'érosion;
- s'ajoutent à ces paramètres physiques un nombre élevé d'habitants concernés, agriculteurs, pasteurs et habitants des villes. Ces personnes sont très dépendantes des ressources naturelles quand on sait que la pluviométrie pèse pour plus de 50% dans la détermination des rendements en céréales, que l'alimentation en eau des villes est cruciale, qu'une partie de l'énergie domestique provient du bois de feu, ce qui peut entraîner la déforestation et une plus grande sensibilité à la dégradation;
- par ailleurs la plupart des pays africains des zones arides n'ont pas de ressources naturelles non renouvelables (mines, pétrole) ; leur économie dépend fortement de la production agricole, pastorale et forestière. Ils sont donc particulièrement vulnérables ;



- enfin la fluctuation des termes de l'échange entraîne des économies fragiles où l'investissement est faible et les systèmes politiques parfois instables. De plus il n'y a pas de mécanismes de régulation des prix agricoles et les fluctuations importantes des cours des céréales ne favorisent pas les investissements agricoles.

**- Pour les pays de l'Afrique du Nord** : Egypte et UMA (Mauritanie, Maroc, Algérie, Tunisie, Libye) : toutes les populations sont concernées, soit environ **150** millions de personnes ; les parties sud de ces pays peuvent être gravement affectées, surtout depuis quelques années en raison d'une sécheresse climatique persistante. Les zones situées le long du Sahara sont menacées d'ensablement. La Mauritanie, l'Egypte, la Libye ont la majeure partie de leur territoire occupée par le Sahara, ainsi que le Sud de l'Algérie et de la Tunisie. Le danger est double: extension des zones désertiques proches, par exemple par déplacement des sables et des dunes, et augmentation de la dégradation des zones pastorales et agricoles actuelles. Il faut y ajouter une raréfaction de la ressource en eaux superficielles. L'Egypte bénéficie des eaux du Nil.

Au total, la sécheresse et la désertification menacent environ **490** millions d'africains sur **780** en 2000. Ce chiffre va s'accroître dans les vingt prochaines années si les sécheresses perdurent et si les modes d'exploitation des ressources ne se modifient pas.

On estime qu'il y a plus d'un milliard de personnes dans le monde menacé par la sécheresse et le phénomène de la désertification.

On a mesuré sur notre planète **130 Millions d'hectares, soit 1,3 M km<sup>2</sup>**, sévèrement touchés, dont **0,75 M km<sup>2</sup>** en Afrique.

Le continent africain à lui tout seul représente la moitié des habitants de notre planète menacé et plus de la moitié des terres sévèrement touchée.

On peut résumer ainsi la situation africaine :

**Superficie totale de l'Afrique : 30 M km<sup>2</sup>**

- Désert du Sahara : 8 M km<sup>2</sup>
- Déserts d'Afrique australe 1 M km<sup>2</sup>
- Total des déserts 9 Mkm<sup>2</sup>

**1.300 millions d'hectares sont susceptible d'être dégradés, soit 13 M km<sup>2</sup> :**

- 120 le sont légèrement, soit 1,2 M km<sup>2</sup>
- 130 le sont modérément
- 70 le sont fortement
- 5 le sont très fortement
- 975 ne sont pas encore dégradés mais sont soumis au risque de sécheresse et de désertification.

Des périodes d'aridité prolongées ont un effet négatif sur le niveau hydrique des sols et donc sur la disponibilité en eau de la végétation naturelle.

Celle-ci va donc connaître des périodes de stress plus ou moins intenses. La végétation herbeuse est la première touchée et on va constater une grande perte de biomasse herbacée ; en clair l'herbe meure et il ne subsiste plus que des pailles qui petit à petit disparaissent. La sensibilité à l'érosion va s'accroître du fait de la dénudation des sols: le moindre coup de vent va mettre en suspension dans l'atmosphère les particules fines des sols. Si des pluies violentes surviennent les sols seront d'autant plus attaqués qu'ils sont à nu, ils ne retiendront pas bien l'eau qui va ruisseler, entraînant ainsi une forte érosion hydrique et aggravant les risques de crues. Le paradoxe est grand de voir une grande sensibilité aux inondations dans les régions arides. En cas d'aggravation des périodes de sécheresse les buissons, arbustes, fourrés, voir les arbres, sont aussi atteints par le stress hydrique malgré un enracinement plus important que celui du tapis herbeux (Bied-Charreton, 2007)

En plus de cette dégradation de la végétation qui entraîne un grand risque de dégradation des sols on constate également un appauvrissement du nombre de variétés et donc de la biodiversité végétale.

En revanche, si la dégradation des sols n'a pas été trop importante, on constate une reprise très vigoureuse de la végétation en cas de retour des pluies: d'abord l'herbe, puis les buissons et les arbustes. Le couvert arboré est plus difficile à reconstituer. On dit que la résilience des écosystèmes de ces régions est grande, à savoir qu'ils se régénèrent assez rapidement en cas de retour à la normale. On a même constaté dans les zones de l'Afrique humide que dans des situations où l'homme n'intervient pas, ou peu, ou de façon très habile et non destructive, le milieu forestier gagnait sur la savane.

En cartographiant la dynamique des états de surface et de l'occupation du sol sur des périodes de vingt, trente ou quarante années on a constaté que l'infiltrabilité de la pluie est très dépendant des états de surface, eux même sensibles aux sécheresses. La diminution de l'herbe, des arbustes et de la microfaune associée favorise l'encroûtement, l'érosion et le ruissellement. Les superficies ainsi atteintes augmentent régulièrement (Bied-Charreton, 2007).

On caractérise les risques d'érosivité et d'érodabilité à l'érosion éolienne et à l'érosion hydrique par les paramètres suivants :

- **érosivité** : fréquence des vents, durée des vents, vitesse du vent, turbulence ; fréquence des pluies, durée des pluies, impact des pluies ;
- **érodabilité** : structure et texture du sol, taux de matière organique, cohésion du sol, capacité d'infiltration, porosité et perméabilité ; pente, densité du couvert végétal, hauteur de la végétation, présence de surfaces encroûtées, orientation de la végétation et des cultures.

On voit que toute lutte contre la sécheresse et la désertification va devoir, entre autres, agir sur ces paramètres.

On a coutume de parler de zones légèrement affectées par l'érosion, modérément, fortement et très fortement, selon la classification GLASOD - FAO.

**En conclusion** on peut dire que les formations végétales naturelles sont extrêmement dynamiques, à l'exception des forêts, et que les sols seront d'autant plus fragiles qu'ils sont dénudés. On parlera d'aridité croissante au fur et à mesure que la végétation n'arrivera pas à se reconstituer puis de désertification quand on atteint le stade où plus rien ne repousse.

Ces phénomènes locaux ou régionaux peuvent avoir un impact important sur l'environnement global :

- on a dit que la sécheresse peut provoquer une **baisse de la biodiversité végétale**, et aussi animale quand la faune ne peut plus se nourrir; certaines espèces de la pharmacopée et des systèmes de culture disparaissent progressivement;
- la mise en suspension des particules fines des sols peut atteindre les hautes couches de l'atmosphère, être pris dans la circulation générale autour de la planète et contribuer ainsi à **l'augmentation de l'effet de serre**;
- quand ces particules se déposent elles peuvent provoquer des **ensablements graves** qui menacent les zones habitées, les cultures et les pâturages;
- la **dénudation des sols entraîne une perte de capacité à stocker l'eau** et à recharger les nappes phréatiques, donc un déséquilibre des relations eau- sol- plante, des difficultés de redémarrage de la végétation, un trouble dans l'équilibre hydrique général, local et régional si le régime des cours d'eau s'en trouve modifié;
- la **déstructuration des sols** diminue leur capacité de stockage du carbone ;
- les **réserves globales en eau vont diminuer** du fait de la moindre capacité des sols à l'emmagasiner ; la **dégradation des terres accroît la vulnérabilité des écosystèmes à la variabilité du climat**; des **cours d'eau permanents sont devenus intermittents**; des **lacs naturels rétrécissent** (Lac Tchad) et des réservoirs ont des difficultés à se remplir ; d'une manière plus prospective on peut affirmer que **toute extension des zones désertifiées représente une menace sur l'environnement global en aggravant les risques d'augmentation de la dégradation** des zones non encore atteintes pour les diverses raisons citées ci-dessus : augmentation de la pression sur les ressources des zones non atteintes, rétroaction des zones désertifiées sur le climat (érosion éolienne), perte de biodiversité ;
- dans une perspective à plus long terme les scientifiques s'accordent pour dire que les climats africains vont être de plus en plus **variables et violents**, les épisodes secs risquent de devenir plus fréquents et plus longs ; les épisodes pluvieux plus violents et plus agressifs. La vulnérabilité du continent africain au risque de sécheresse et de désertification va donc

s'accroître dans le siècle qui vient si la température moyenne du globe continue d'augmenter (Bied-Charreton, 2007).

---

## *CHAPITRE III*

### *Matériels et méthodes*

---

## 1. Présentation de la zone d'étude :

La forêt Algérienne fait partie des forêts méditerranéennes ou l'essence la plus rependue est le Pin d'Alep (*Pinus halopinsis* Mill).

La wilaya de Saïda fait partie de ces forêts et compte une superficie de 5400 ha (Beghadid *et* Touahri, 2013).

Parmi ces forêts on a choisis Cinq forêts (figure 5 ; tableau 3).

**Tableau 3:** La nature juridiques et la superficie des forêts concernées (Conservation des forêts, 2014).

| Nom de la forêt            | Statut juridique | Superficie juridique (ha) |
|----------------------------|------------------|---------------------------|
| Djaafra Cherraga (Granine) | F.D              | 10037                     |
| Fenouane (Barrah)          | F.D              | 2561                      |
| Tendfelt (Hassiaoune)      | F.D              | 7394                      |
| Maalif (Bou negar)         | F.D              | 2697                      |
| Hassasna (Tafraoua)        | F.D              | 29173                     |

### 1.1. Situation géographique:

La forêt de **DjaafraChéraga** est située à cheval entre les monts de Saïda et Dj. Hadid, Oum grafet El-Assa (B.N.E.D.E.R, 1992), divisée actuellement en 13 cantons, la forêt se trouve entre 20 et 25 km à l'Ouest de la ville de Saida et 8 km de la commune d'Ain El Hadjar. Elle se situe entièrement dans la wilaya de Saida.

La forêt de **Fenouane** est située dans le territoire de la wilaya de Saïda à quelque 550 km au sud-ouest d'Alger et à une trentaine de kilomètres à l'ouest de la wilaya de Saïda. Elle est traversée par deux chemins de wilaya (N° 36 et N° 3) (B.N.E.F, 1990 *in* Beghadid *et* Touahri, 2013). Cette forêt est située plus à l'Est d'Oum Graf et adjacente à cette dernière au niveau nord à El Hadjira, cette forêt est limitée : **A l'Ouest**, sur 2 km au nord par les limites naturelles de la végétation plus au sud par Oued Maadjed jusqu'à Ain Zeddim. Au nord, par les limites du couvert végétal au niveau de bled El Kolea .**A l'Est** : par la tranché par feu qui commence au niveau du marabout de Sidi Kada Ben Mokhtar au nord est passant vers le sud par Chaabet El Daba et El Kebir 1004 m et au sud par le couvert végétale de la forêt à l'extérieur du quel sont dispersé les habitations des riverains sud de Sidi Ahmed Medjdoub et El Ouali.

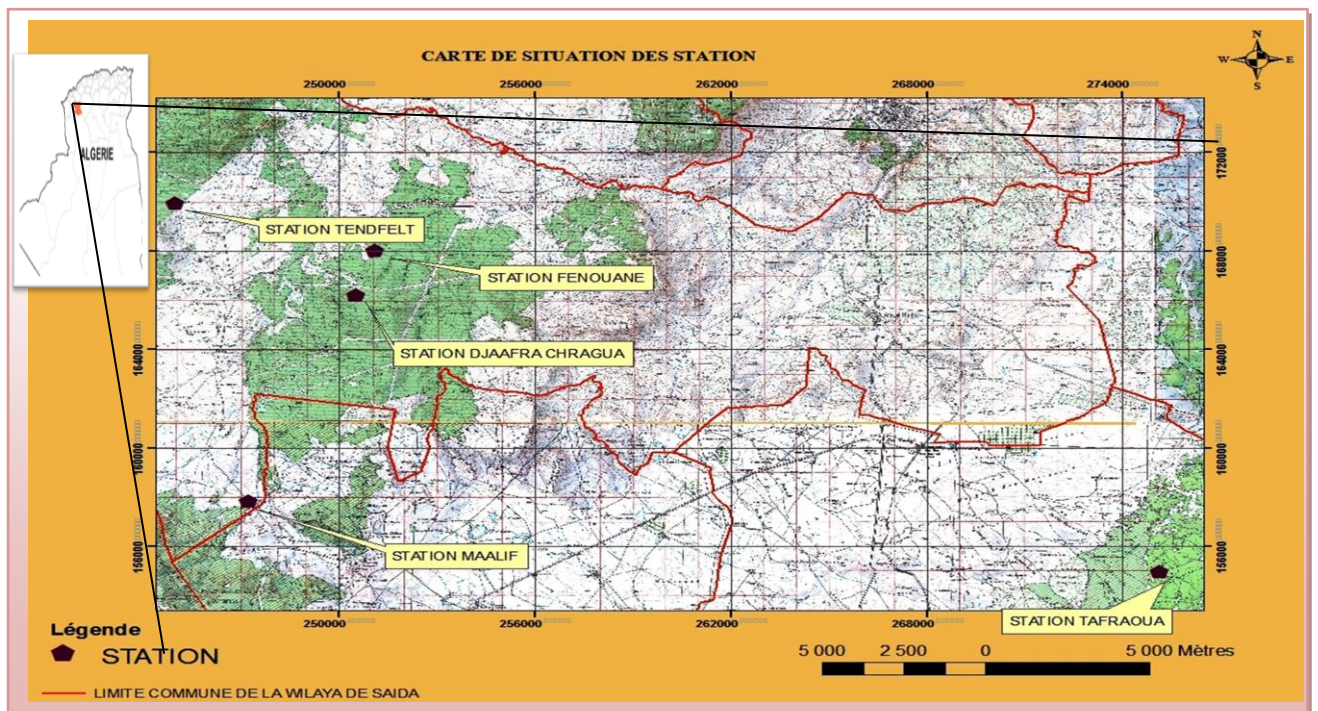
La forêt **Tendfelt** à une distance de 30 km de la Daiira Ain El Hadjar. Elle est limité au **nord** par : F.D DjaafraChéraga (contant Ain Kharoua).**Sud** : F.DMaalif (contant El Oustani).**Ouest** : Sidi Ali Benjbor Commune Tehasou wilaya Sidi Belabbes. **Est** : E AT, Sidi Embarek.

La forêt de **Maalif** se trouve à quelque 40 kmau la ville de Saïda et 25 km de la commune Moulay Larbi.Elle est limitée au **Nord** : la forêt domaniale Tendfelt. **Sud** : la zone steppique devisent entre Bayadh, Sidi Belabbes et Saïda. **Ouest** : F.D Zegla et F.D Ain El Hadjar. **Est** : les terres agricoles. La forêt est gérée par la conservation des forêts de Saïda, cette forêt est gérée par la circonscription d'Ain El Hadjar.

La forêt **Hassasna** située est située au sud-est et Est de Daïra El Hassasna et Est de la wilaya de Saïda, la distance entre cette forêt et la wilaya 25 km jusqu'à 40 km, et 10-15 km par rapport la Daïra.

Ces forêts sont gérées par la conservation des forêts de Saïda,

Les quatre premières forêts (Djaafra Chéraga, Fenouane, Maalif, Tendfelt) sont gérées par la circonscription d'Ain El Hadjar et La forêt Hassasna gérée par la circonscription El Hassasna



## 1.2. Milieu physique :

### 1.2.1. Relief et expositions :

Les monts de Daya se subdivisent du nord au sud en trois sous-ensembles le Dj En Nser, les Dj Tendfelt, Hadid et Djir, enfin le massif de l’Nammar El Khebir (B.N.E.D.E.R, 1979).

### 1.2.2. Classe de pente :

**Tableau 4 :** Surface (ha) par classe de pente (B.N.E.D.E.R, 1979).

| Classe de pente   | Plaine<br>0 à 3% | Bas piémont<br>3 à 12,5% | Haut piémont<br>12,5 à 25% | Montagne |
|-------------------|------------------|--------------------------|----------------------------|----------|
| Superficies en ha | 2.300            | 4.100                    | 24.100                     | 11.000   |
| Superficies en %  | 5,5              | 9,9                      | 58,1                       | 26,5     |

Zone montagneuse puisque les pentes supérieures à 12,5% occupent 84,6% des superficies (dont 26,5% ont des pentes supérieures à 25%).

### 1.2.3. Classes d’altitude :

**Tableau 5 :** Classe d’altitude (B.N.E.D.E.R, 1979).

| Classe d’altitude | 600 à 800 m | 800 à 1.000 m | 1.000 à 1.200 m | 1.200 à 1.400 m |
|-------------------|-------------|---------------|-----------------|-----------------|
| Superficies en ha | 7.900       | 17.900        | 13.700          | 2.000           |
| Superficie en %   | 19,1        | 43,1          | 33,0            | 4,8             |

Sous-zone de montagne puisque 75% des superficies sont situées entre 800 et 1200 m. Les terrains situés entre 600 et 800 m ne représentent que 19,1 % et les altitudes supérieures à 1200 m, 4,8%.

### 1.2.4. Géologie – pédologie :

#### 1.2.4.1. Description des principales unités :

##### a) Lithologiques :

90% : calcaires et dolomies (unité Rc) ;

10% : calcaires marneux et marnes (unité rc) associés à l’unité Rc dans la partie culminante du massif.



## **b) Pédologiques :**

- Dans la partie occidentale :

95% : sols calcaires souvent forestiers sur des substrats résistants

5% : sols à croûte calcaire sur des substrats résistants.

- Dans la partie orientale :

70% : sols calcaires souvent forestiers sur des substrats résistants

25% : sols à croûte calcaire sur des substrats résistants

5% : sols alluviaux sur des substrats non consolidés.

### **1.2.5. Climat :**

D'un point de vue climatique la zone d'étude jouit depuis longtemps d'un climat semi-aride ( $m = 3^{\circ}\text{C}$  ;  $P = 353 \text{ mm}$ ) appartenant à l'étage de végétation du thermo méditerranéen ( $m > 3^{\circ}\text{C}$ ,  $200 < P < 400 \text{ mm}$ ). Cette zone reçoit une tranche pluviométrique annuelle irrégulière. Le régime saisonnier de ces pluies est de type HAPE, où les précipitations sont plus abondantes en hiver et en printemps avec une période sèche de presque 6 mois s'étendant de mai à mi-octobre (annexe 1).

## **1.3. Occupation du sol :**

### **1.3.1. Description des forêts :**

- **DjafraCheraga, Maalif, Tendfelt :**

Présentant des caractéristiques semblable et sont, dans l'ensemble, dans un état général satisfaisant. L'espèce la plus représentée est le pin d'Alep, en mélange suivant les conditions qui caractérisent les différentes stations, avec le chêne vert dans les localisations plus difficiles, et à une altitude moindre.

Comme essences secondaires on trouve toutes celles qui caractérisent le maquis méditerranéen, c'est-à-dire juniperus, lentiscus, phillyrea, olea, cistus, rosmarinus, etc.

- **Fenouane :**

Il s'agit d'une forêt de Pin d'Alep en mélange avec le Thuya. Tandis que le pin d'Alep constitue l'étage dominant, le Thuya se développe essentiellement en sous étage, et sur les terrains rocheux, à l'état de buisson.

Elle est représentative des groupements thermophiles de l'Oranie dominé par le pin d'Alep et le thuya avec cependant un remarquable sous-bois broussailleux qui joue un rôle non négligeable dans la régénération du pin d'Alep et dans l'atténuation des effets du parcours (Benabdli, 1996).

- **Hassasna :**

Les formations sont très dégradées, avec de vastes clairières représentant la phase la plus régressive d'anciens peuplements mixtes de Chêne vert et Pin d'Alep.

### 1.3.1.1. Parcours en forêts :

Les parcours ovins en montagne sont importants et entraînent des dégâts dans les reboisements.

## 3. Méthode d'échantillonnage des sols :

Nous avons choisie Cinq stations, pour chaque station on a pris 05 échantillons de sol qu'on a mélangé ensuite pour constituer un échantillon composite. Toute les stations sont situées a une altitude comprise entre 900 et 1010 m et avec la même exposition (Nord).

### 3.1. Géo localisation des stations :

Les stations ont étaient localisées sur le terrain par le GPS 72 Garmin, le 03 mars 2014 (figure 6, 7, 8, 9, 10 ; tableau 6).

**Tableau 6 :** données géographique des stations d'études.

|   | Altitude (m) | Longitudes X : | Latitudes Y: | Exposition | Pente (%) |
|---|--------------|----------------|--------------|------------|-----------|
| <b>Station 1</b><br><b>(Djafra Cheraga)</b> | 900          | -0,02 039° O   | 34,77 805°N  | Nord       | 5         |
| <b>Station 2</b><br><b>(Fenouane)</b>       | 935          | -0,02 520° O   | 34,75 812°N  | Nord       | 3         |
| <b>Station 3</b><br><b>(Tendfelt)</b>       | 900          | -0,090 298° O  | 34,79 689°N  | Nord       | 3         |
| <b>Station 4</b><br><b>(Maalif)</b>         | 1000         | -0,068 16°O    | 34,68 108°N  | Nord       | 3         |
| <b>Station 5</b><br><b>(Hassasna)</b>       | 1010         | +0,24 842° E   | 34,65 667°N  | Nord       | 3         |



**Figure 6:** Photo de la station 1 (Granine).



**Figure 7:** Photo de la station 2 (Barrah).



**Figure 8:** Photo de station 3(Hassiaoune).



**Figure 9:** Photo de station 4 (Bou negar).



**Figure 10:** Photo de station 5 (Tafraoua).

### 3.2. Type d'échantillonnage, de prélèvement du sol :

Echantillonnage des sols : Sur chaque parcelle d'une superficie d'environ 400 m<sup>2</sup>, cinq échantillons de sol ont été prélevés aléatoirement entre 0 et 15 cm de profondeur. Les 5 échantillons ont ensuite été mélangés pour obtenir un échantillon composite par parcelle. Les échantillons ont alors été tamisés sur le terrain à 2 mm (Guénon, 2010). D'après Baize (1995), le mélange de plusieurs « prises » permet donc de créer un « échantillon moyen » représentatif.



**Figure 11:** Photo de prélèvement de sol, station 1.

### 4. Analyses physico-chimique effectuées :

Les analyses physico-chimiques (tableau 7) ont été effectuées aux laboratoires de pédologie de l'université de Saïda, nouveau site et au laboratoire de Génie civile de l'université d'Ain El Hadjar et l'analyse de quelque élément minérale au niveau de laboratoire de chimie de la cimenterie d'El Hassasna. Une fois les échantillons de sol séchés, une aliquote a été broyée et tamisée à 2 mm pour mesurer ces paramètres physico-chimique du sol et elles comportent les déterminations suivantes.

**Tableau 7:** les analyses physico-chimiques du sol étudié.

| Analyse physique        | Analyse chimique   |
|-------------------------|--|
| Analyse granulométrique | Matière organique  |
| Humidité au champ       | pH (eau), pH (KCL)   |
| Capacité de rétention   | Conductivité électrique Le calcaire total  |
| Couleur du sol          | Carbone organique  |
| Densité réelle          | L'azote total  |
| Densité apparente       | Quelque élément minéral par  |
| porosité                | fluorescence X (Na <sub>2</sub> O, MgO, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ,                   |
| Perméabilité            | SiO <sub>2</sub> , K <sub>2</sub> O, Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , SO <sub>3</sub> Cl). |

▪ **Matériels utilisés :**

**Appareillages :** Tamis mécanique, balance de précision, l'étuve, chronomètre, four à moufle, cylindre, pH mètre, conductimètre, agitateur magnétique, dessiccateur, calcimètre, broyeur, chauffe ballon électrique, matras, l'appareil de Bouat, pastilleuse, analyseur par fluorescence X (Spectromètre RX).

**Verreries :** bécher, petit récipient, pycnomètre, éprouvettes, ballon en verre pyrex, fiole jaugée de 100 ml, pipette, burette graduée au 1/20 de ml.

**Matériel biologique :** Sols prélevés dans les différentes stations.

**Produits chimiques :** HCL, KCL, eau distillé, benzène, carbonate de calcium, solution de bichromate de potassium à 8 %, H<sub>2</sub> SO<sub>4</sub> concentré pur, solution de Moht à 0,2 N, g de K<sub>2</sub> SO<sub>4</sub>, Cu SO<sub>4</sub> anhydre, sélénium, l'ammoniac, soude,

En utilise aussi : Capsule, pince métallique, plateau, pissette, papier de couleur (Mensellcolor), hote, tube à centrifuger, pelle, pioche.

### 3.1. Les analyses physiques :

#### 3.1.9. Analyse granulométrique:

❖ **Principe :**

L'analyse granulométrique ou analyse mécanique consiste à séparer la partie minérale de la terre en catégories classées d'après la dimension des particules minérales inférieures à 2 mm et à déterminer, les proportions relatives de ces catégories, en pourcentage de la masse totale du sol minéral (Mathieu 1998).

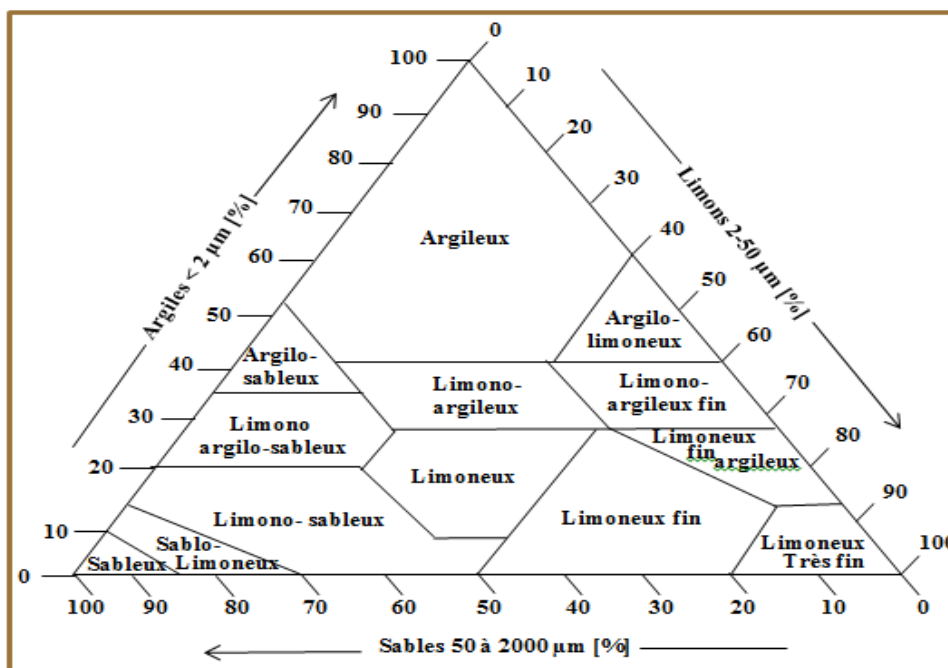
❖ **Définition :**

La texture reflète la part respective des constituants triés selon leur taille. On distingue la texture minérale qui est la proportion des sables, limons et argiles Mesurés par l'analyse granulométrique. (Gobat, Aragno *et al*, 2003).

❖ **Détermination et types :**

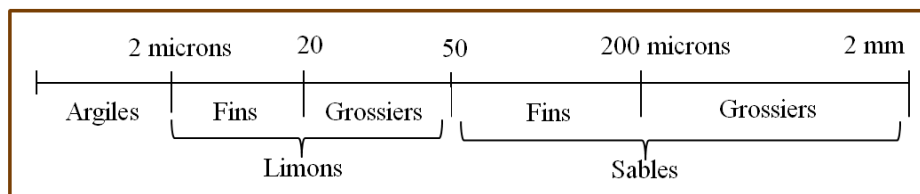
Elle s'exprime par un terme, simple (ex. sableuse, argileuse) ou composé (ex. limono-sableuse, argilo-sableuse), repéré dans un triangle des textures minérales, au sein duquel des catégories sont délimitée. La (figure 12) présente le triangle standard USDA mais d'autre aussi utilisés (Gobat, Aragno *et al*, 2003).

Les pédologues regroupent les textures (% d'argile, de limon et de sable) en classes de textures pour faciliter la description des sols le triangle (Delaunois, 2006).



**Figure 12 :** Triangle des textures minérales (USDA, 1975 in Gobat, Aragno *et al*, 2003).

Les particules minérales peuvent être classées de la façon suivante :



**Figure 13 :** Classification d'ATTERBERG adopté par l'association internationale de la science du sol (Aubert, 1978).

#### ❖ **Méthode :**

- On prend un échantillon de chaque station.
- On prend 200 g de chaque échantillon séché à l'air.
- On lance le tamisage
- Après un quart d'heure de vibration, on pèse chaque quantité de sol selon le diamètre de chaque tamis.
- En fin chaque échantillon y est situé en fonction de sa teneur pondérale en sables, limons et argiles, la somme des trois étant ramenée.



**Figure 14 :** Tamis mécanique.

#### **3.1.10. Couleur du sol :**

Pour déterminer la couleur on utilise un code, de préférence le Code International Munsell. En principe, la couleur sera déterminée sur les échantillons secs (Aubert, 1978).

#### ❖ **Méthode :**

Pour déterminer la couleur d'un sol, il suffit de porter à l'aide d'un petit récipient propre, un échantillon (de préférence sec et tamisé à 2 mm) à proximité des teintes voisines, et de choisir celle qui s'en rapproche le plus (Aubert, 1978).

#### **3.1.11. Humidité au champ :**

On détermine l'humidité de sol sur la méthode de Mathieu, (1998) « méthode par séchage à l'étuve à 105°C » :

- Peser dans un bécher, préalablement taré, un poids  $p_1$  exactement connu de terre tamisée à 2 mm (100 g) ;
- Porter le Becher à l'étuve pendant 24 heures ;

- Retirer le Becher de l'étuve et le laisser refroidir ;
- Peser.

Le pourcentage d'humidité se déduit des pesées suivantes :

**P<sub>1</sub>**: Becher vide ;

**P<sub>2</sub>** : Becher + terre frais ;

**P<sub>3</sub>**: Becher + terre séchée à 105°C.

La teneur en eau en pourcent de la terre séchée à 105 °C est de :

$$\text{Eau \%} = \frac{P_2 - P_3}{P_3 - P_1} \times 100$$



**Figure 15:** Le sol dans une étuve.

### 3.1.12. Capacité de rétention :

Elle correspond à la quantité d'eau contenue dans un sol après écoulement des eaux de gravité (Borsali, 2010).

- On pèse un cylindre en fond contient des pores ( $p_1$ )
- On met le sol jusqu'à la moitié de cylindre et pose dans un plateau.
- Verser l'eau distillée dans le plateau à la moitié de cylindre et en laisse 02 heures jusqu'à la saturation, peser ( $p_2$ ).
- Laisser le cylindre séché 12 heures.
- Transporter tout le contenu dans un bécher et placer le dans un étuve à 105.

$$\text{Capacité de rétention} = \frac{(P_2 - P_1) - (P_3 - P_1)}{(P_3 - P_1)} \times 100$$





**Figure 16** : la mesure de capacité de rétention.

### 3.1.13. Densité apparente :

Elle est la densité du sol sec, concernant l'ensemble, fraction solide et pores (Duchaufour, 2001).

#### ❖ Méthode :

- On met dans un bécher 100 g sol frais
- Séché ce sol à 105 C° dans une étuve pendant 24 heures
- **P<sub>1</sub>** : bécher vide
- **P<sub>3</sub>** : bécher + sol séché à 105 C°

$$\text{Densité apparente} = (P_3 - P_1) \cdot 4$$

### 3.1.14. Densité réelle :

### 3.1.15. Porosité :

La porosité du sol est le volume des espaces lacunaires remplis d'eau ou d'air, exprimé en % du volume total de la terre (Greco, 1966).

D'après Duchaufour (2001), La porosité ( $p$ ) est en relation étroite avec deux valeurs caractéristique : la densité **réelle** ( $D_r$ ) de la fraction solide, La **densité** apparente ( $D_a$ ) est la densité du sol sec, concernant l'ensemble, fraction solide et pores.

La porosité totale d'un sol est égale au volume des « vides » exprimé en % du volume total. Elle peut être déterminée à partir de la densité réelle et la densité apparente d'un sol (Aubert, 1978).

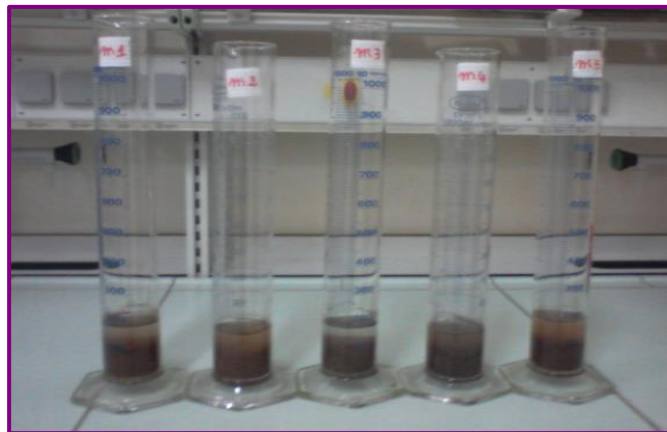
### 3.1.16. Perméabilité :

La Perméabilité est la vitesse de percolation de l'eau dans le sol (Greco, 1966). Perméabilité d'un sol la hauteur d'eau évaluée par centimètre qui s'infiltre par unité de temps, dans le sol (Mathieu, 1998).

#### ❖ **Mode opératoire :**

- On met sol mélangé de chaque station dans une éprouvettes jusqu'au le trait de 100 ml.
- On complète par l'eau distillé jusqu'à 200 ml.
- On laisse reposer 12 heures et après on mesure la hauteur (h eau) de chaque éprouvette.
- On détermine la perméabilité par la formule suivante :

$$K \text{ perméabilité} = 0,857 \times h \text{ eau (mm/heure).}$$



**Figure 17:** Essai de perméabilité.

### **3.3. Les analyses chimiques :**

#### **3.3.1. Matière organique :**

Le terme «matières organiques du sol» regroupe l'ensemble des constituants organiques morts ou vivants, d'origine végétale, animale ou microbienne, transformés ou non, présents dans le sol. Elles représentent en général 1 à 10 % de la masse des sols (Anonyme, 2011).

La matière organique est le mélange de résidus de plantes, d'animaux et d'autres organismes que l'on trouve dans les sols et qui présentent divers degrés de décomposition (U.E, 2011).

Le dosage de la matière organique est réalisé à partir du dosage de l'un de ses constituants : le carbone organique. Comme on vient de le rappeler, le carbone organique (C.O.) est estimé à 58% de la matière organique (M.O.) d'où  $\% \text{ C.O.} \times 1,724 = \% \text{ M.O}$  (Mathieu, 2003).

#### ❖ **Méthode :**

- On prend les 05 échantillons de chaque station..
- On pèse 50 g de sol sec à 105 °C de chaque station (p2).

- On pèse la capsule en vide ( $p_1$ ).
- On met le sol (sol + capsule) ( $p_3$ ) dans le four à moufle à 600 °C pendant 15 heures.
- On pèse le sol (sol + capsule) ( $p_4$ ).
- On détermine le taux de matière organique suivant la formule :

$$\% \text{ de matière organique} = E - F$$



**Figure 18:** Le sol dans un four à moufle.

### 3.3.2. pH (eau distillé), pH (KCl) :

- Peser 20 grammes de terre fine séchée à l'air
- Ajouter 50 ml d'eau distillée bouillie.
- Brassier énergiquement la terre de manière à obtenir une suspension, avec un agitateur magnétique durant quelques minutes.
- Laisser durant 2 heures le contenu du bécher.
- Juste avant d'introduire l'électrode dans la solution, remettre en suspension toute la terre à l'aide d'un agitateur.
- Après chaque mesure rincer les électrodes avec de l'eau distillée.



**Figure 19:** la mesure de pH et la conductivité électrique.

### 3.3.3. Conductivité électrique :

La même opération est pour la Conductivité électrique.

### 4.2.4. Calcaire total :

Le calcaire est la source la plus fréquent de calcium, celui-ci étant fixé sous forme d'ions sur le complexe absorbant (Mathieu, 2003).

#### ❖ Dosage de calcaire total :

Méthode de calcimètre de BERNARD, cette méthode consiste à mesurer le pourcentage de calcaire total contenu dans l'échantillon afin d'apprécier leur activité.

#### ❖ Mode opératoire :

- Prendre une fiole pour calcimètre de Bernard.
- Introduire dans le doigt 5 ml de HCl.
- Suivant la teneur présumée en carbonate de calcium, peser de 0,2 g à 10 g de terre finement broyée.
- Introduire la prise d'essai de poids P dans la fiole
- Fermer la fiole en la raccordant au calcimètre (figure 20).
- Avant de fermer le robinet du calcimètre, s'assurer que le niveau du liquide arrive à la hauteur de repère zéro.
- Fermer le robinet, puis incliner La fiole pour faire couler l'acide sur la terre.
- Lorsque le dégagement de CO<sub>2</sub> est terminé, on attend quelques instants pour que l'équilibre thermique entre l'appareil et l'atmosphère soit réalisé.
- Abaisser ensuite l'ampoule du calcimètre. jusqu'à ce que le niveau de l'eau dans cette dernière soit dans un même, plan horizontal que celui de l'eau située dans la colonne. Lire le volume « V » de gaz carbonique dégagé à la pression atmosphérique et à la température du moment de l'expérience.

#### Le calcul :

$$\text{Teneur en carbonate} = \frac{m_t}{m} \cdot \frac{V_b}{V_t} \cdot \frac{(\theta_t + 273)}{\theta_b + 273}$$



**Figure 20:** Calcimètre.

#### **4.2.5. Carbone organique :**

❖ **Dosage du carbone organique (méthode Anne) :**

❖ **Mode opératoire :**

- Peser 0,250 g à 1 g de terre fine. La prise d'essai ne doit pas contenir plus de 30 mg de carbone organique.
- Placer la prise d'essai dans un ballon en verre pyrex de 250 ml, à col rodé adaptable sur une colonne réfrigérante.
- Ajouter :
  - 10 ml de solution aqueuse de bichromate de potassium à 8%.
  - 15 ml de H<sub>2</sub> SO<sub>4</sub> concentré pur.
- Porter le ballon sur une chauffe ballon électrique, le raccorder au réfrigérant ascendant.
- Obtenir une ébullition modérée. Poursuivre l'ébullition durant 5 minutes après la chute de la première goutte de condensation.
- Laisser refroidir lentement.
- Si le contenu du ballon est passé durant l'ébullition à la couleur verte, il s'avère que l'excès de bichromate était insuffisant. Dans ce cas, recommencer en réduisant la prise d'essai de moitié.
- Transvaser le contenu du ballon dans une fiole jaugée de 100 ml.
- Ajuster à 100 ml avec de l'eau de rinçage du ballon.
- Après refroidissement de la fiole, ajuster de nouveau à 100 ml autant de fois qu'il est nécessaire.
- Homogénéiser le contenu de la fiole qui doit être à une température voisine de 20°.

- P relever à l'aide d'une pipette, 20 ml du contenu de la fiole, et les verser dans un bécher.
- Placer le bécher sur un agitateur magnétique surmonté d'une burette graduée au 1/20 de ml.
- Agiter, et doser l'excès de bichromate à l'aide d'une solution de Mohr à 0,2 N.
- Soit « x » le nombre de ml de solution de Mohr versée.
- Pour chaque série d'analyses, procéder à un témoin avec ou sans sable calciné. Soit « Y » le nombre de ml de solution de Mohr versée.

#### **4.2.6. Azote total :**

L'azote total d'un sol constitue « la réserve » globale d'azote contenue dans l'humus, réserve dont la rapidité de mobilisation est très variable suivant le type d'humus (mull, mor, moder). La teneur en azote total est un bon indice de fertilité, à condition d'être interprétée en fonction du rapport C/N. L'intérêt de résultat, généralement limité aux horizons de surface du sol, est ainsi davantage perçu à travers ce calcul du rapport C/N que de sa valeur propre à laquelle ont préféré, dans la pratique, celle de l'azote minéral (Mathieu 2003).

#### **❖ Dosage de l'azote total (méthode Kjeldahl) :**

#### **❖ Mode opératoire :**

- Introduire dans un matras Kjeldahl de 750 ml :
  - ✚ 5 g de terre fine,
  - ✚ 20 ml de H<sub>2</sub> SO<sub>4</sub>,
  - ✚ 5 g de K<sub>2</sub> SO<sub>4</sub>,
  - ✚ 5 g de Cu SO<sub>4</sub> anhydre,
  - ✚ 0,25 g de sélénium.
- Porter le matras sur la rampe d'attaque placée sous une hotte.
- Chauffer d'abord doucement, puis augmenter progressivement l'intensité du chauffage jusqu'à ce que le contenu du matras soit porté à ébullition.
- Lorsque le mélange se décolore et prend une teinte légèrement verdâtre, noter l'heure et poursuivre l'attaque à ébullition durant une heure.
- Laisser ensuite refroidir progressivement le matras.
- Lorsque la température du mélange est voisine de celle du laboratoire, verser de temps en temps par petites quantités et en prenant des précautions, de l'eau déminéralisée pour diluer la suspension contenue dans le matras.
- Attendre la fin refroidissement du matras qui s'est réchauffé au moment de la dilution.
- Transvaser le contenu du matras dans un tube à centrifuger de 100 ml. Rincer le matras avec de l'eau déminéralisée.

- Centrifuger durant 5 à 10 minutes à 2500 tours-minute de façon à obtenir un surnageant limpide.
- Récupérer le surnageant dans une fiole jaugée de 100 ml.
- Compléter au trait de jauge avec de l'eau déminéralisée.
- Jeter le culot du tube à centrifuger
- Homogénéiser par retournement le contenu de la fiole de 100 ml.
- S'assurer que le niveau du liquide est en face du trait de jauge.
- A l'aide d'une pipette de 20 ml, prélever 20 ml de solution contenue dans la fiole. Verser ce prélèvement dans un matras de 100 ml s'adaptant sur l'appareil de Bouat conçu pour distiller et doser l'ammoniac.
- Ajouter dans le matras de 100 ml, 12 g de soude en pastilles ou 20 ml de soude à 60 %.
- Après le versement de la soude, raccorder immédiatement le matras à l'appareil de Bouat.
- Chauffer fortement le matras, les vapeurs d'ammoniac et d'eau sont entraînées dans une colonne réfrigérante où elles se condensent.
- L'ammoniac est recueillie dans un vase à doser.
- Le dosage s'effectue à l'aide sulfurique à  $\frac{N}{70}$  et en présence d'un indicateur de pH (rouge de méthyle). Soit « x » le nombre de ml de  $H_2SO_4$  nécessaire pour neutraliser l'ammoniac.

$$N\% = \frac{n \cdot V}{s} \times \frac{100}{1000}$$

Ou **V** : volume d'extraction en L (0,1 L),

**S** : prise d'essai du sol en g (0,2 g),

**N** : [N] mg.L<sup>-1</sup> déterminé par la courbe de lecture,

D'où

$$N\% = \frac{n \cdot 0,1}{0,2} \times \frac{100}{1000} = 0,05n$$

#### 4.2.7. Rapport C/N :

C'est un indicateur de l'activité biologique des sols (Tableau 8). Il renseigne sur :

- le degré d'évolution de la matière organique,
- l'activité biologique,
- le potentiel de fourniture d'azote par le sol (minéralisation) (Anonyme, 2011).

**Tableau 8 : Classement des sols en fonction de leur rapport C/N (L.C.A, 2008).**

| 6  | 8      | 9   | 10      | 11 | 12               | 14  |            |
|--|--------|---|---------|----|------------------|---|------------|
| Très faible  | faible |   | Normale |    | Légèrement élevé | Elevé   | Très élevé |
| Sol à décomposition rapide de la matière organique |        | Bonne décomposition de la matière organique |         |    |                  | Sol d'activité biologique réduite ramenant à une décomposition lente rapide de la matière organique |            |

#### **4.2.8. Analyse des sols (quelque élément minéraux) par fluorescence X :**

Ce mode opératoire est relatif à la méthode pratique instrumentale d'analyse Élémentaire du sol par spectrophotométrie de fluorescence. Les éléments : Si, Al, Fe, Ca, Mg, S, K et Na exprimés sous les formes oxydées :  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{SO}_3$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$  sont déterminés sur échantillon en solution Solides appelés également perles. Leur confection se fait comme suit :

##### **❖ Confection de la pastille :**

##### **❖ Le cru :**

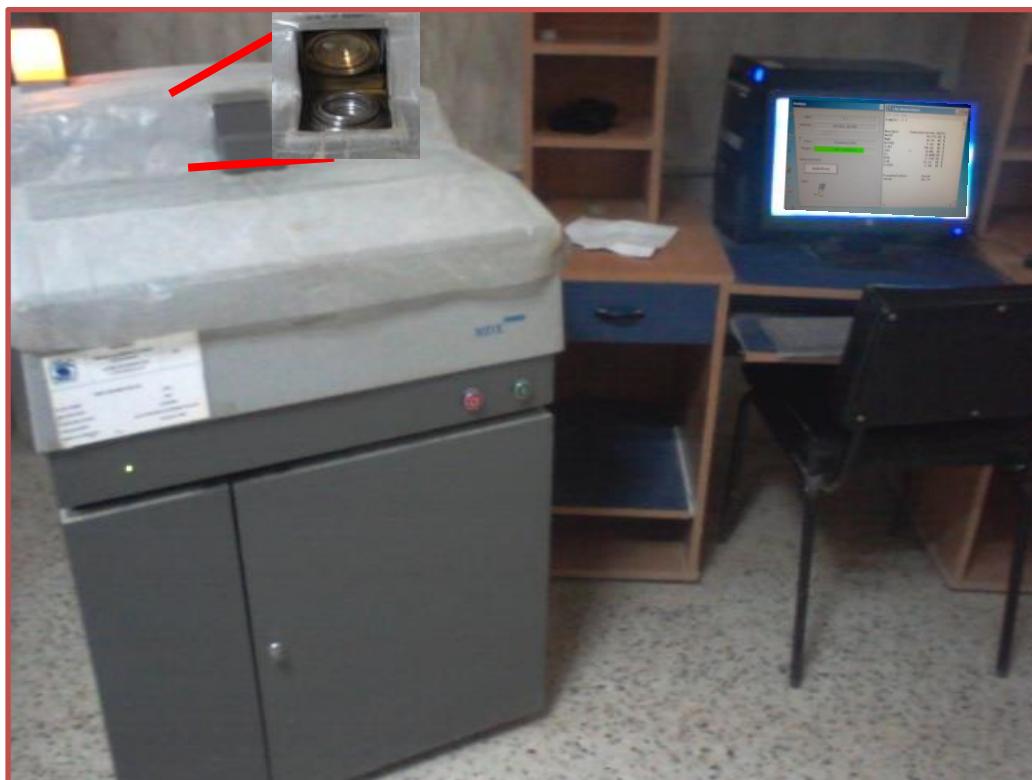
- Peser 12g de matière à analyser avec précision de 0.0001g
- Mettre cette matière dans le broyeur (figure 21), lui ajouter soit des pastilles de broyage Soit du TEA (uniquement pour faciliter la tâche)
- Broyer la matière pendant un temps précis (4mn)
- en fin de l'opération du broyage, récupérer toute la matière.
- Introduire la matière broyée dans une pastilleuse (figure 22) pendant 30s sous une force de 20 tonnes.
- Séché la pastille obtenue dans une étuve pendant 15mn.
- Récupérer la pastille ainsi séchée pour analyse par fluorescence X dans un Spectromètre RX (figure23).





**Figure 21 :** Broyage des échantillons a analysé dans un broyeur.

**Figure 22 :** La Presse de pastillage dans une dans une pastilleuse.



**Figure 23:**Spectromètre RX.

## 5. Traitement statistiques :

### - Excel :

En utilise Microsoft Excel pour réaliser les graphes des différentes paramètre du sol.

---

## *CHAPITRE IV*

### *Résultats et discussions*

---

## 2. Résultat des analyses pédologiques :

**Tableau 9:** Résultats des analyses physico-chimiques du sol.

| Station \ Analyse               | Station 1                          | Station 2                   | Station 3                | Station 4                                  | Station 5                            |
|---------------------------------|------------------------------------|-----------------------------|--------------------------|--|--------------------------------------|
| Texture+couleur                 | Sables argileux (Orange)<br>Orange | Sables argileux (Red) Rouge | Sables argileux (Bright) | Argiles très sableuses (Reddish) Rougeâtre | Argile très sableuse (Orange) Orange |
| Humidité (%)                    | 4,17                               | 11,11                       | 19,05                    | 14,94                                      | 19,05                                |
| M.O(%)                          | 3,96                               | 3,96                        | 5,94                     | 5,96                                       | 5,97                                 |
| Capacité de rétention (%)       | 48                                 | 60                          | 59                       | 50   | 61                                   |
| pH eau                          | 8,07                               | 8,01                        | 8,2                      | 8,44                                       | 8,33                                 |
| pH KCl                          | 7,63                               | 7,76                        | 7,86                     | 7,7  | 7,57                                 |
| Conductivité électrique (ms/cm) | 0,10                               | 0,08                        | 0,11                     | 0,10                                       | 0,11                                 |
| Densité réelle                  | 0,22                               | 0,22                        | 0,22                     | 0,23                                       | 0,21                                 |
| Densité apparente               | 0,385                              | 0,39                        | 0,39                     | 0,39                                       | 0,38                                 |
| Porosité                        | 75                                 | 77                          | 77                       | 69   | 81                                   |
| Perméabilité(cm/H)              | 2,14                               | 2,14                        | 2,14                     | 1,88                                       | 2,4                                  |
| CaO                             | 3,73                               | 0,18                        | 44,08                    | 3,64                                       | 0,66                                 |
| % N                             | 0,092                              | 0,078                       | 0,134                    | 0,220                                      | 0,152                                |
| %C                              | 1,423                              | 1,096                       | 7,098                    | 3,235                                      | 1,787                                |
| C/N                             | 15,312                             | 13,922                      | 52,726                   | 14,655                                     | 11,709                               |
| Na <sub>2</sub> O               | ,307                               | ,318                        | ,266                     | ,324                                       | ,341                                 |
| MgO                             | 1,2                                | ,98                         | 3,34                     | 1,81                                       | 1,74                                 |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>  | 9,22                               | 10,39                       | 3,94                     | 13,00                                      | 16,95                                |
| SiO <sub>2</sub>                | 97,35                              | 93,31                       | 20,04                    | 76,12                                      | 71,95                                |
| K <sub>2</sub> O                | 1,895                              | 2,073                       | 1,904                    | 2,331                                      | 2,52                                 |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>  | 4,64                               | 9,55                        | 2,03                     | 5,75                                       | 8,64                                 |
| SO <sub>3</sub>                 | 0                                  | 0                           | 0                        | 0  | 0                                    |
| Cl                              | 0                                  | 0                           | 0                        | 0  | 0                                    |

## 3. Discussion :

### a. Les caractères physiques des sols :

#### i. Texture, couleur du sol :

Sur la base de la composition granulométrique moyenne, les sols étudiés possèdent une texture sableux argileuse pour les trois premières stations et les autres ont une texture Argileuse très sableuse.

La texture du **sol** se définit par ses proportions relatives en argile, limon, sable fin, sable grossier. Ces particules plus ou moins fines interviennent sur les propriétés physiques du sol. On dit d'un sol qu'il est plus ou moins lourd ou léger, selon qu'il se compacte facilement (il colle en cas de pluie) ou qu'il se délite.

Les sols sableux argileux ne présentent pas de lien intime entre les matières organiques et les particules minérales : il y a simplement juxtaposition entre elles, sans

cohésion forte. Les matières organiques, non protégées, sont donc plus facilement dégradées que dans les autres types de sol : on dit que les sols sableux « brûlent » la matière organique. Ce sont des sols bien aérés, mais ils ne retiennent pas l'eau et sont sensibles au risque érosif.

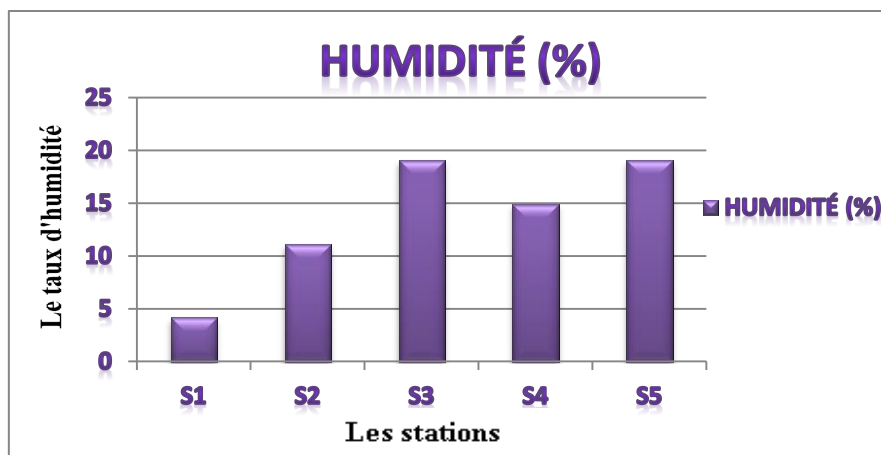
Station 1 et 5 ont les mêmes couleurs "orange" et la station 2 possède une couleur "rouge"; une troisième station a une couleur "Bright", et la station 4 à une couleur "rougeâtre".

La couleur est une donnée de sol très utilisée, aussi bien dans les travaux de terrain que dans les systèmes de classifications. Son étude se développe actuellement en relation avec les propriétés spectrales des sols et de leurs constituants, observées au laboratoire ou par télédétection.

En fait, Maignien (1948), a pu montrer que cette différenciation entre sols foncés et sols rouges au moins dans le cas des sols bruns et des sols brun-rouge peut provenir des différences dans les roches-mères : plus riches en bases ou moins perméables dans le premier cas, plus acides ou plus perméables dans le second, sur les dolérites et sur les marnes ou les sables calcaires, les limons, se développent les sols bruns ; et au contraire, sur les produits d'altération des granits, ou sur les sables se développent des sols brun-rouge.

Les composés de fer contribuent à colorer les sols en rouge, bleu, jaune, parfois en gris, alors que l'humus produit des teintes sombres allant au brun ou noir (Anonyme, 2011).

## ii. Humidité au champ :



**Figure 24:** Histogramme représentant le taux de l'humidité du sol.

Nous remarquons sur la figure 23 le faible taux d'humidité du sol dans la station 1, par contre ce taux d'humidité est presque pareil pour les restes des stations 2, 3, 4, 5, on peut expliquer ce faible taux d'humidité par le faible couvert végétal de la strate herbacée dans ces stations

L'humidité du sol joue un rôle important dans le maintien de la vie sur la Terre, sa première "utilisation" est de permettre la croissance de la végétation. Elle conditionne

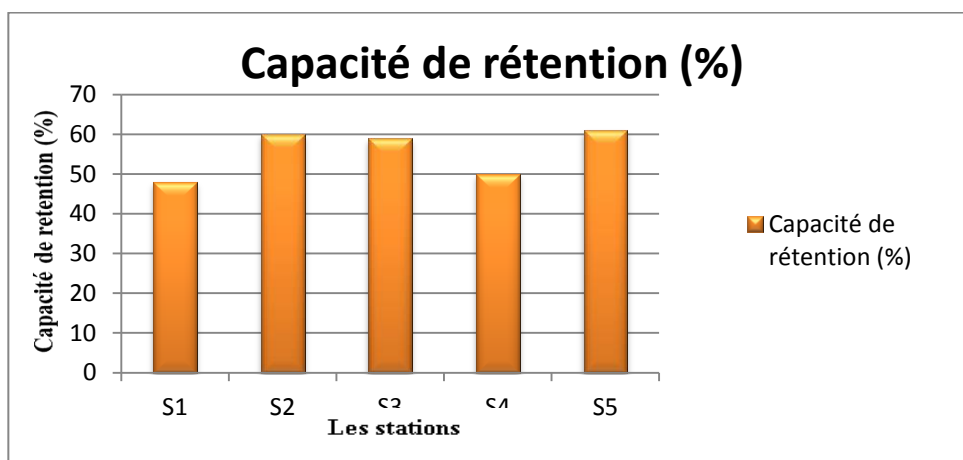
également la mise en place du peuplement végétal (germination des semences, émergence, implantation du système racinaire, etc.). Son évaluation est donc importante car elle constitue un paramètre d'alerte pour la désertification.

L'humidité de surface du sol conditionne les échanges avec l'atmosphère par l'intermédiaire du bilan d'énergie à la surface du sol (très différent sur une surface sèche ou sur une surface humide), elle est importante en raison de son impact sur l'évaporation du sol et de sa transpiration. Ce qui conditionne les transferts de masse et de chaleur entre la Terre et l'atmosphère.

Douguedroit, (1774) a montré que le sol perd souvent et rapidement son humidité en surface quelque que soit la saison dans une pinède en France et témoigne d'un assèchement périodique, surtout en surface sous cette futaie très claire à la végétation herbacée rare (10% de taux de recouvrement) entre les plaques calcaires.

Borsali, (2013) montre que la teneur en eau gravimétrique des sols dépend en premier lieu des conditions climatiques (températures et précipitations) précédant les prélèvements et que cette diminution des teneurs en eau pourrait être une conséquence des impacts du dernier feu sur certaines propriétés physico-chimiques des sols et sur la végétation.

### iii. Capacité de rétention :



**Figure 25:** Histogramme représentant le taux de la capacité de rétention du sol.

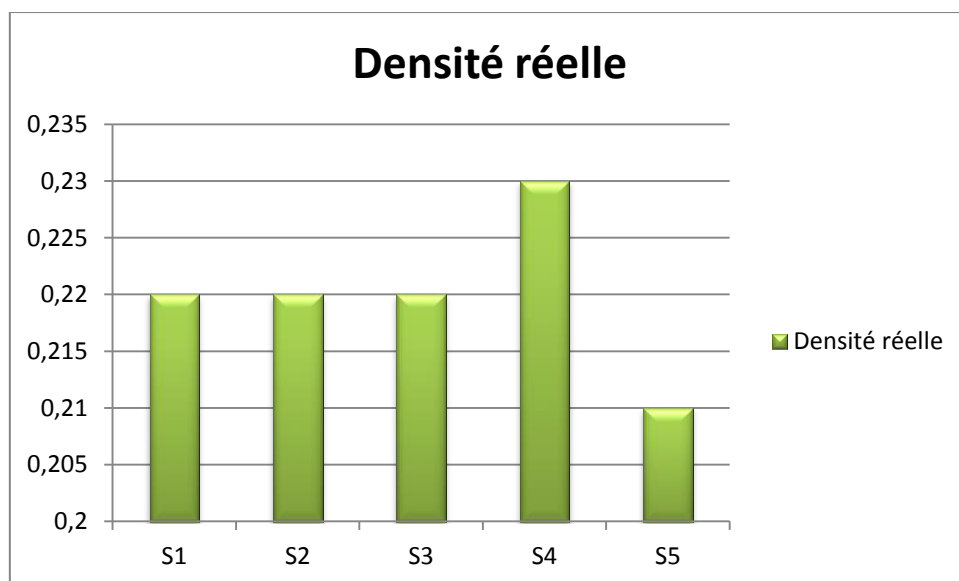
D'après les résultats obtenus (figure 24), on observe une augmentation du taux de la capacité de rétention de la station 2, 3 et 5 plus élevé que les stations 1 et 4.

La propriété des sols sableux est leur porosité élevée. Par contre ils ne retiennent pas du tout l'eau. Dans ces sols, ce sont les matières organiques qui vont permettre de retenir l'eau, en jouant le rôle d'éponge. En effet, le régime des eaux est perturbé à la suite de la destruction de la végétation ceci a pour conséquence la diminution de la matière organique et des eaux de rétention. Plusieurs auteurs s'accordent à dire que l'organisation spatiale des bioclimats en Basse Normandie et que leurs répartitions est largement tributaire des

précipitations, de la nature des sols et de leur capacité à « retenir ou évacuer l'eau (C.L.I.M.P.A.C.T, 2011). Les résultats d'U.E (2011) montrent aussi que les matières organiques sont essentielles pour assurer la santé des sols, maintenir leur structure, fournir des éléments nutritifs par infiltration, fixer les polluants et améliorer l'infiltration et la rétention de l'eau.

Borsali, (2013) a montré dans la zone d'Ain EL HADJER que les feux d'intensité modérée créent une fine couche de constituants organiques hydrophobes à la surface des sols diminuant ainsi leur perméabilité et donc l'infiltration des eaux de pluies. Dans ce contexte et associée à l'incinération de la litière et à la minéralisation de la matière organique du sol, l'érosion des particules fines peut s'accroître et contribuer à une diminution de la capacité de rétention des sols en eau (Boix Fayos 1997). Cependant, l'augmentation de la capacité de rétention en eau mesurée dans les sols non incendiés depuis deux ans exclut cette hypothèse. En effet, la capacité de rétention en eau est corrélée à la granulométrie, sensiblement moins sableuse dans certains sols, mais sans rapport direct avec le temps depuis le dernier feu. Par conséquent, nous suggérons, en accord avec les travaux de Bremer & Ham (1999), que l'élimination de la végétation arbustive par le feu de 2009 et son remplacement 2 ans après par une végétation herbacée pourraient avoir accéléré l'assèchement du sol par un accroissement de l'évaporation puis de l'évapotranspiration. En outre et malgré une reconstitution des teneurs en eau 4 ans après le dernier feu, l'intense assèchement des sols récemment incendiés pourrait ralentir, voire altérer à long terme, la dynamique de retour des propriétés microbiennes et des fonctions éco systémiques supportées par ces communautés.

#### iv. Densité réelle, porosité et perméabilité :



**Figure 26:** Histogramme représentant le taux de la densité réelle du sol.

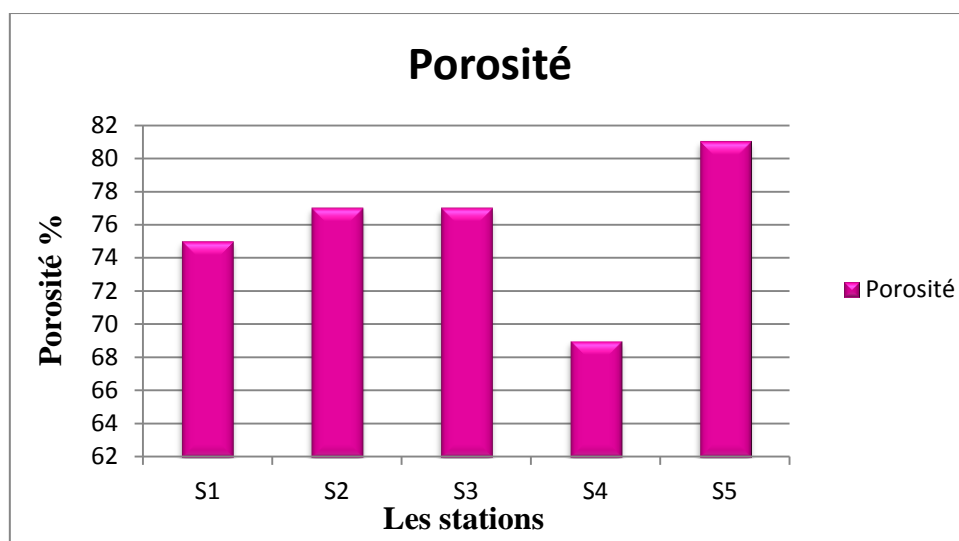
D'après les résultats obtenus (figures : 25) on observe de faibles taux de la densité réelle au niveau des stations 1, 2, 3 et 5 par rapport à la station 4 qui présentent des taux important de densité.

Plusieurs auteurs ont montré que la matière organique joue un rôle direct sur l'activité biologique et la structure du sol qui modifie la densité.

Le rôle de la pierrosité, très net est moins connus, et plus difficile à expliquer. Tammin en et Starr (1994) ont eux aussi noté le rôle des graviers (2-20 mm) sur la densité de la terre fine. Il a été démontré qu'il y a un rôle direct des cailloux après les mouvements du sol qu'ils peuvent induire lors des phases de gel -dégel du sol, du moins en surface, mais surtout il y a un rôle direct par une augmentation de la densité racinaire dans la terre fine en zone caillouteuse, ainsi peut être que de l'activité biologique, concentrée dans des volumes plus faibles. Ceci a été très clairement montré sous Pinede et Chênaie par Lucot (1994).

Enfin dans les zone calcaire surtout, une augmentation de la recharge cationique par altération de surface de ces éléments grossier, favorisent une structure moins compact. Quelqu'en soit la raison, ce taux de pierrosité est important à prendre en compte dans le calcul de la densité de la terre fine des horizons profonds des sols calcimagnésiques, où il peut être très variable.

D'autres auteurs ont montrés que la compaction qui est une réduction de volume due à la perte d'air contenu dans les interstices se traduit donc par une augmentation de la densité du sol. Un sol compact devient difficilement pénétrable pour les racines et freine le transfert d'eau. Au niveau des zones tassées il y a des pertes sévères de rendement en culture. En cas de compaction en profondeur (50/70 cm voir plus) les possibilités de reprise sont impossibles.



**Figure 27:** Histogramme représentant le taux de la porosité du sol.

On observe pour la porosité qu'au niveau de la station 1, 2, 3 et 5 sont ce parametre est plus élevé que la station 4.

La porosité du sol est une caractéristique majeure contrôlant les propriétés hydrodynamiques du sol et le développement racinaire des plantes, mais aussi un indicateur physique de la qualité du sol.

La porosité du sol joue un rôle important dans les échanges hydriques et gazeux, ainsi que dans le développement racinaire. Elle est souvent sujette à des modifications variables lorsque les sols sont compactés. Généralement, la compaction affecte la qualité physique du sol, elle réduit la porosité, ce qui entraîne une mauvaise aération du sol, un mauvais drainage et augmente la résistance à la pénétration des racines, (McBride *et al.*, 1989). Ouattara *et al.*, (1998) ont montré que la modification de la porosité des sols limono-sableux de Burkina Faso sous l'effet de la mise en culture constitue l'une des causes fondamentales de la baisse de la fertilité physique de ces sols. L'intensité de la compaction est souvent mesurée à l'aide de la densité apparente.

Le tassement du sol est une diminution de sa porosité qui résulte :

- \* des contraintes mécaniques qui s'exercent sur le sol : par exemple les pressions exercées par des véhicules, par des outils de travail du sol ou par le bétail ;

- \* de l'activité biologique : certaines espèces de vers sont compactantes dans certaines conditions (texture, humidité)

du sol ;

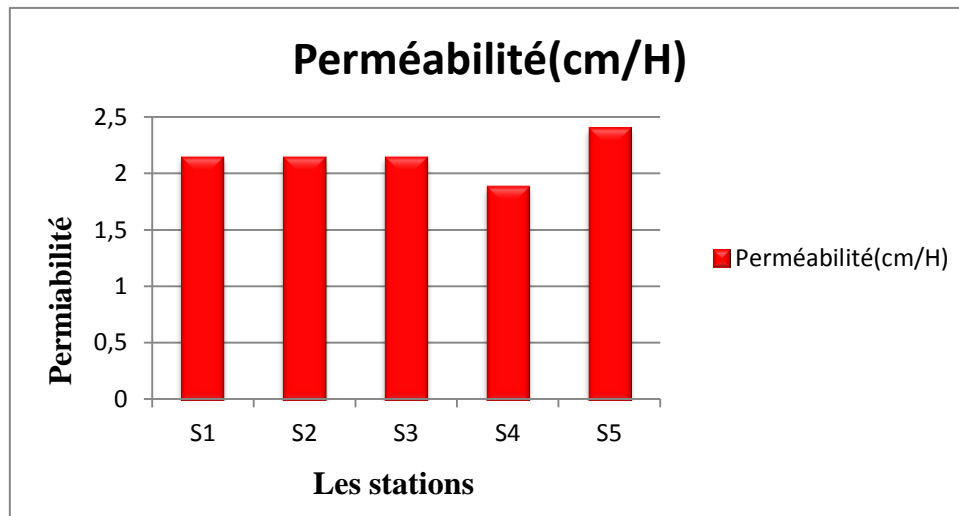
- \* de l'action destructurant (désagrégant) d'agents atmosphériques, de la pluie en particulier : les particules solides désagrégées, individualisées par les gouttes de pluie (leur énergie cinétique est proportionnelle à leur masse), s'assemblent à nouveau pour former des « croûtes » plus ou moins compactes.

Un tassement n'affecte pas tous les pores avec la même intensité, selon la localisation et la nature ou l'origine de ces pores. L'importance du tassement dépend de l'humidité du sol, comme de nombreux travaux l'ont montré, mais aussi de la constitution du sol. Les sols de la région de Manaus, « latosols jaunes » selon la classification brésilienne, sont particulièrement sensibles à ce phénomène de tassement, en raison de leur pauvreté en oxydes de fer. Lorsqu'ils sont abondants, ces oxydes se localisent entre les particules de kaolinite et assurent une plus forte cohésion des micros agrégats argileux ; c'est le cas des latosols rouges du sud du Brésil. Au contraire, les micros agrégats des latosols jaunes offrent une faible cohésion, ils sont donc facilement déformables sous l'effet d'une contrainte mécanique et se rapprochent les uns des autres. La structure fragmentaire initiale tend à devenir massive, lorsque toute porosité structurale a disparu.

La porosité structurale joue un rôle primordial dans le fonctionnement du système sol-plante, car c'est elle qui assure les transferts d'eau et d'air, et le stockage de l'eau utilisable par les plantes. L'eau retenue au sein des micro agrégats argileux ne permet pas de satisfaire



les besoins en eau des plantes, car celles-ci n'ont pas la capacité d'exercer des succions suffisantes pour extraire l'eau retenue entre les particules d'argiles dans des pores de quelques dizaines de nm.



**Figure 28:** Histogramme représentant le taux de la perméabilité du sol.

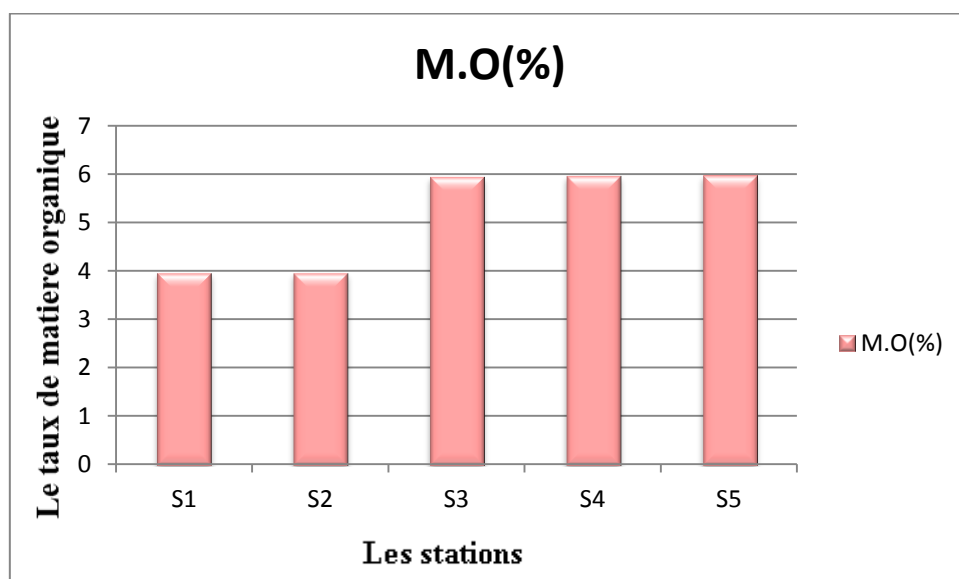
On observe sur la figure 27 que la perméabilité est pratiquement pareil dans toute les stations avec une légère augmentation pour la station 5

Les terrains calcaires présentent une bonne perméabilité liée notamment à leur fissuration (C.L.I.M.P.A.C.T, 2011).

La nature des infiltrations: à la fois via une composante lente liée à la porosité très fine et une composante rapide via le réseau de fractures bien organisé (Pinault, 2006, *in* C.L.I.M.P.A.C.T, 2011).

## **b. Les caractères chimiques des sols :**

### **i. Matière organique :**



**Figure 29 :** Histogramme représentant le taux de la matière organique du sol.

Les matières organiques (MO) du sol ont des rôles extrêmement importants à jouer : Construction et stabilité de la structure, maintien ou augmentation de la capacité à retenir l'eau ou les éléments minéraux, etc. Les différents types de matières organiques influent sur ces propriétés, notamment en fonction de la texture des sols.

L'analyse du sol montre que les stations 1 et 2 présentent un faible taux de matière organique qui peut s'expliquer par le faible taux de recouvrement ainsi que de la nature de feuillage difficilement dégradable et la quantité de matière organique qui dépend du type du sol et du groupement végétal (Kebaili, 2009) par rapport aux stations 3, 4, 5 et qui reste toujours faible comparé à d'autres forêts méditerranéens ; Ceci peut s'expliquer par le fait que ces stations qui ont subi une dégradation au niveau de la strate herbacée et arbustive affecté par plusieurs facteurs comme le surpâturage, l'action anthropique, les facteurs climatiques sévères et les incendies récurrents. En effet tous les auteurs s'accordent à dire que la quantité de la matière organique décroît et, inversement, si les ajouts de matière sont supérieurs à la vitesse de décomposition, la matière organique présente dans le sol augmente (U.E, 2011).

Aussi le premier effet visible du feu sur les propriétés chimiques des sols est généralement la perte de matière organique allant de la faible volatilisation de certains composés, la carbonisation de cette matière jusqu'à son oxydation complète (Certini 2005 ; Guénon *et al.* 2011).

Plus le taux d'humidité des sols est élevé, plus le taux de décomposition augmente, et inversement. Combinée aux fluctuations de températures, l'évolution des précipitations aura des incidences sur la structure et l'acidité des sols et, par conséquent, sur leur capacité à stocker l'eau et à nourrir les nombreux organismes vivants qu'ils abritent (U.E, 2011). Les différences de richesse en matière organique ne sont pas dues uniquement à une différence d'approvisionnement en débris végétaux. La vitesse de minéralisation joue un rôle au moins aussi grand et elle est déterminante dans la répartition des groupements végétaux présentés (Aafi, 2003).

Les cycles de l'azote et de la matière organique revêtent une importance considérable dans le contexte aride et semi-aride méditerranéen. En effet, dans ce contexte, on observe une grande rapidité des processus inhérents aux cycles bio - géo - chimiques.

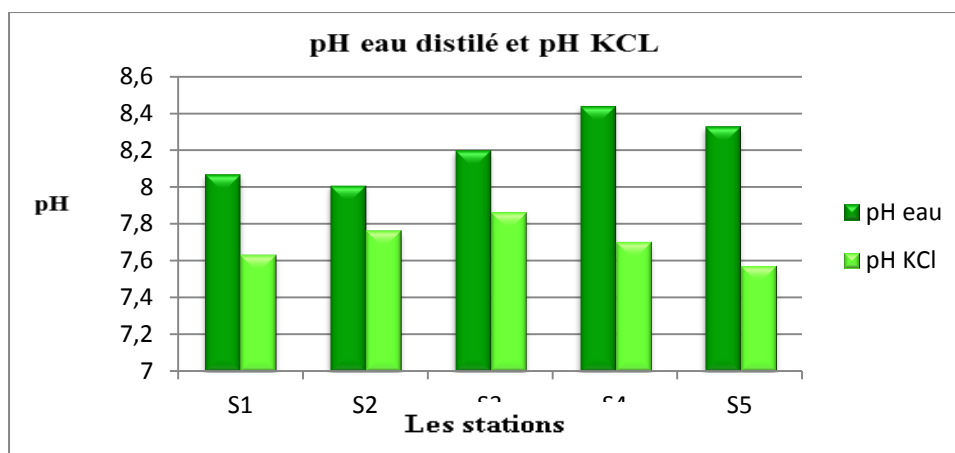
La stabilité des agrégats formés des particules d'argiles et de limon se trouvant dans le sol est influencée par les polysaccharides produits par la faune du sol, les hyphes produits par les champignons, par les racines des plantes, ainsi que par les quantités élevées et la disponibilité régulière de matière organique. La stabilité des agrégats améliore la production végétale principalement en assurant une meilleure aération du sol et une résistance accrue à

l'érosion (Janssen 1986 ; Young 1989 ; De Ridder *et* Van Keulen 1990). Affectant l'espace poral, le degré d'agrégation influence également la capacité d'infiltration et les caractéristiques de rétention d'humidité du sol. Selon Pieri (1989), la teneur minimale de MOS requise pour maintenir la structure du sol dépend de la teneur en argile et limon de ce dernier, comme suit :  $\% \text{MOS} / \% (\text{argile} + \text{limon}) = 0,05$ . Pour les sols sableux, limoneux et argileux de la SSAO, le % de MO correspondant devrait être de 0,5, 1,0 et 3,5 % (*i.e.* 3,0, 6,0 et 21,0 g C kg<sup>-1</sup> de sol). De telles valeurs sont rares (tableau 4.17) bien que, dans la même séquence, on relève des teneurs croissantes de MO (respectivement 2,0, 4,0 et 8,0 g C kg<sup>-1</sup>). Ces teneurs basses sont liées aux températures élevées qui accélèrent la décomposition. Plusieurs autres régions semi-arides présentent des teneurs moyennes en MOS plus élevées.

Dans les régions semi-arides, le litiérage dépend de la périodicité des chutes, ainsi que des périodes de sécheresse pendant lesquelles les plantes ligneuses meurent et viennent renforcer massivement les chutes. Outre le broutage et l'érosion, les feux ont un impact majeur sur la formation de litière et partant, sur la teneur de MOS. La fraction de carbone de la litière et de la couche supérieure du sol perdue par brûlage, dépend essentiellement de l'intensité du feu. Le feu peut même contribuer à accroître les teneurs en MOS, les feux légers en particulier, parce qu'ils apportent des résidus (par les cendres en partie) qui stimulent la décomposition de la litière et accroissent par conséquent la productivité végétale (Raison, 1979). La majeure contribution du feu à la teneur en MOS et à la disponibilité en éléments nutritifs dans le sol résulte probablement de la décomposition des racines après brûlage. Dans les régions semi-arides, les teneurs de MOS dans la couche supérieure du sol sous les ligneux sont généralement plus élevées qu'en terrain ouvert. Entre le couvert ligneux et le terrain ouvert, la MOS varie de 0 à 10 g C kg<sup>-1</sup>.

L'analyse du rôle spécifique des plantes ligneuses dans les régions semi-arides en ce qui concerne la MOS, exige une étude comparative des facteurs susceptibles d'influencer les chutes de litière et les vitesses de décomposition, par rapport à la seule strate herbacée. De plus grandes chutes de litière par unité de surface sous les feuillages sont les conséquences attendues de la concentration et/ou de l'accumulation d'eau et de nutriments sous les ligneux, combinées à un indice élevé de surface foliaire disponible pour la photosynthèse.

## ii. pH (eau distillé), pH (KCl) :



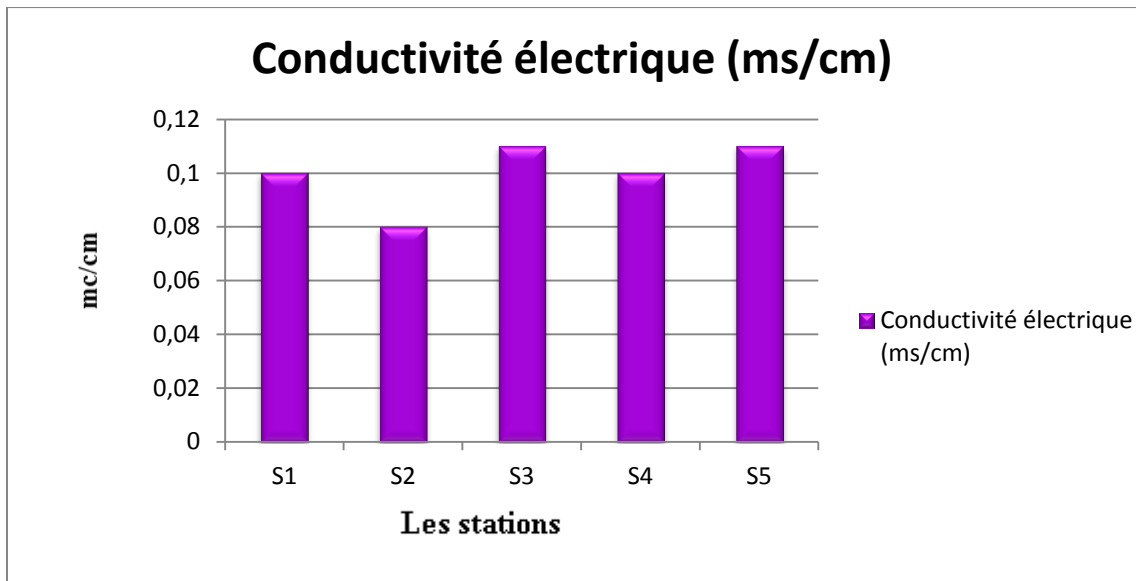
**Figure 30:** Histogramme représentant le pH eau et pH KCl du sol

On remarque que les mesures du pH eau et pH KCl (figure 30) de toutes les stations sont moyennement alcalin. IL est compris entre (7,7 – 8,44).

Selon les normes d'interprétation du pH-eau du sol, cité in Mathéau *et al* (2003), le pH des sols étudiés a généralement une alcalinité faible à modérée. C'est une fourchette des pH courants pour les sols en régions semi arides (Madani, 2008). Sauf pour la station 5 qui présent une alcalinité assez importante en effet, la dégradation des sols par alcalinisation apparaît comme toile de fond à tous les aménagements forestiers en zone aride ou semi-aride. Ce sont là les types de dégradation les plus fréquentes, et souvent liées à la désertification. C'est donc le jeu de processus chimiques qui va conditionner de très mauvaises caractéristiques physiques des sols. Ceux-ci deviennent pratiquement imperméables, se prennent en masse en séchant empêchant la pénétration des racines et deviennent impossibles à travailler même avec une mécanisation puissante. Une croûte très dure se forme en surface qui empêche la germination et l'émergence des jeunes plants. Les problèmes structuraux s'expliquent essentiellement par le comportement et la distribution des charges autour des particules d'argiles.

En outre, il existe des problèmes secondaires induits par la chimie de la solution du sol. L'asphyxie des sols provoque l'immobilisation de certains éléments (cuivre, zinc...) et donc des carences, notamment en éléments n'ayant pas de forme réduite dissoute. Le fort pourcentage de saturation en sodium réduit d'autant la disponibilité pour les autres éléments sur le complexe d'échange. On peut donc voir des carences en calcium, dans des sols qui paradoxalement présentent de la calcite dans le profil. Enfin, le pH alcalin diminue l'assimilation de nombreux éléments nutritifs par les plantes.

### iii. Conductivité électrique :



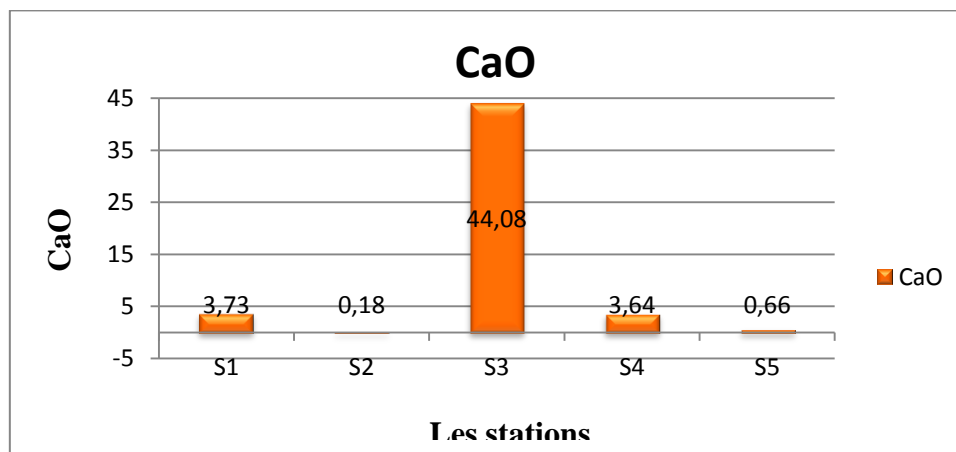
**Figure 31:** Histogramme représentant la conductivité électrique du sol.

La conductivité électrique dépend de la teneur en électrolytes ( $\text{SO}_4$ , Cl, K, Na, Mg, Ca,  $\text{CO}_2^{-3}$ ,  $\text{HCO}^{-3}$ ). Qui exprime la concentration en sels.

En se basant sur l'échelle de salure, on remarque que toutes les stations sont classé dans la catégorie non salé (figure 31), Certain auteurs ont montré qu'à très faible concentration, certains sels présent à l'état naturel dans le sol sont absorbés comme élément nutritifs par les végétaux (Wiebe *et al.*, 2001) donc on peut dire que le taux important de la salinité dans la station 3 et 5 est dû à l'absence d'une végétation dense.

### iv. Calcaire total :

La teneur de calcaire dans les horizons superficiels n'est guère plus faible que dans les horizons profonds ; le sol peut être rendzine (Aubert, 1950).



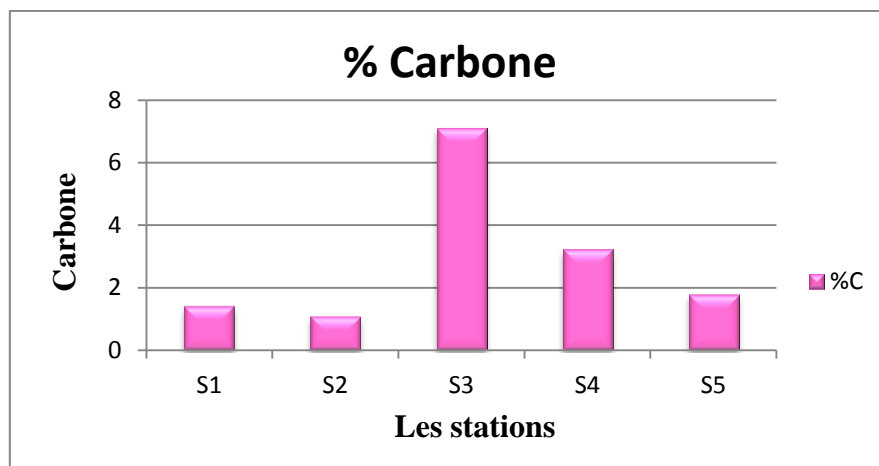
**Figure 32:** Histogramme représentant le taux de calcaire total du sol.

D'après les résultats obtenus (figure 32), on remarque que le taux de calcaire totale important et enregistré au niveau de station 3, le taux de calcaire élevé s'explique par la présence de croute calcaire, les stations restant enregistrent un taux faible de calcaire.

Comme le montre certains travaux du B.N.E.D.E.R (1992), les sols de la zone d'étude sont assez diversifiés formant une mosaïque où se distinguent des sols calcimagnésiques, minéraux bruts, fersialitiques et bruns calcaires.

La faiblesse du taux de calcaire de ces sols peut s'expliquer par une décalcification suite à la circulation des eaux de pluies (400-600 mm) et au bon drainage aidé par la pente et le fort pourcentage de matière organique. Il peut s'expliquer aussi par la présence de la végétation forestière et les faibles températures dans ce secteur (Sahraoui, 2008).

#### v. Carbone organique :



**Figure 33:** Histogramme représentant le taux de carbone organique du sol.

D'après les résultats obtenus (figure 33), on remarque que le taux de carbone organique important et enregistré au niveau de station 3, les stations restant enregistrent un taux faible de carbone organique.

Le carbone est rejeté dans les sols principalement sous forme de composés organiques: par les racines des plantes ou par la décomposition des matières végétales ou des organismes du sol quand ils meurent (U.E, 2011).

La décomposition microbienne de la matière organique libère les éléments nutritifs nécessaires à la croissance des plantes. Au cours de ce processus de décomposition, une partie du carbone est libérée sous forme de dioxyde de carbone par l'air qui circule dans les sols, tandis qu'une autre partie se transforme en composés organiques stables qui sont piégés dans le sol. La rapidité de ce processus dépend de facteurs comme la température et les précipitations, l'équilibre hydrographique du sol et la composition de la matière organique (U.E, 2011).

Les différentes sources de matières organiques ne se décomposent pas à la même vitesse. Si on ajoute moins de matières dans le sol que la vitesse à laquelle elles se décomposent (U.E, 2011).

La quantité de carbone organique qu'ils contiennent, sont très variables, en raison de la diversité géologique, du climat, de la topographie et de l'utilisation des terres. En général, en Europe du nord, les sols présentent une teneur en carbone organique plus élevée qu'en Europe du sud, dont les sols ont bien souvent des niveaux très faibles de matières organiques (U.E, 2011).

Les sols susceptibles d'émettre le plus de carbone sont ceux qui contiennent le plus de matière organique (U.E, 2011).

Le boisement des prairies entraîne généralement une perte de carbone présent dans les sols, même si l'accumulation de biomasse végétale permet de la contrebalancer (U.E, 2011).

Outre cette perte de végétation, la désertification et la déforestation au niveau mondial sont des facteurs qui contribuent aussi à la libération du carbone présent dans les sols (U.E, 2011).

Une hausse des températures entraînerait une augmentation de l'activité biologique, et donc de la minéralisation de la matière organique présente dans le sol, conduisant à une perte de carbone plus importante (U.E, 2011).

Les conséquences du changement climatique se feront sentir dans toute l'Europe. La perte de la fertilité des sols due à l'appauvrissement de la matière organique (U.E, 2011).

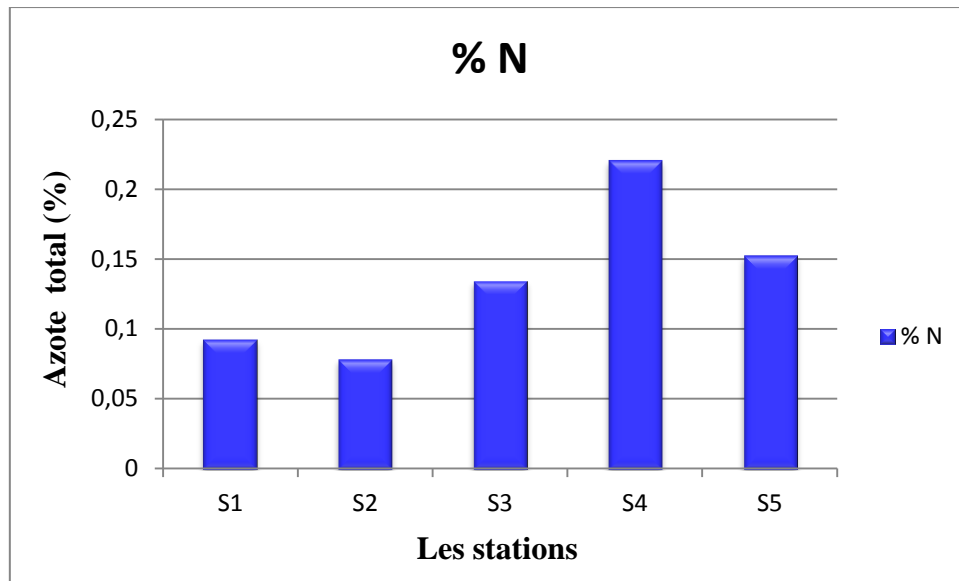
L'évolution du stock de carbone organique dans les sols résulte de l'équilibre entre les apports de matières organiques végétales au sol et leur minéralisation (Anonyme, 2011).

Les principales variables pédologiques, climatiques et anthropiques affectant le temps de résidence (turnover) du carbone dans le sol sont :

- (-) La température limite le temps de résidence, la minéralisation augmente avec la température.
- (-) Le labour limite le temps de résidence par la suppression des protections des MO du sol.
- (+) L'engorgement des sols et l'acidité permanente augmentent le temps de résidence, il y a formation de tourbe en conditions froides à long terme.
- (+) La présence d'Aluminium libre augmente le temps de résidence par une protection physique et physicochimique des MO du sol (Anonyme, 2011).
- (+) La teneur et la nature des argiles augmentent le temps de résidence.

Le temps de résidence du carbone organique dans les sols est très variable en fonction de l'origine des sols, du climat et de l'usage des terres (Anonyme, 2011).

## vi. Azote total :



**Figure 34:** Histogramme représentant le taux de L'azote total du sol.

D'après les résultats obtenus (figure 34), on remarque que le taux de l'azote totale est faible au niveau de station 1 et 2 et élevé au niveau des autres stations.

La volatilisation de l'ammoniac ( $\text{NH}_3$ ) fait référence à la perte de l'ammoniac comme gaz dans l'atmosphère, ce qui peut être une source de perte de N. Le processus est accentué à haut pH parce que  $\text{NH}_4^+$  se convertit plus facilement en  $\text{NH}_3$  à pH élevé (Abail, 2013).

D'autres travaux dans des zones semi arides marocain ont montré que L'azote potentiellement minéralisable ( $\text{No}$ ) varie de 62 à 273 mg/kg à travers les 8 types de sols étudiés au niveau de la couche de surface. Cette grande variabilité de indique la présence de différentes composantes de matière fraîche facilement minéralisable. Lorsqu'on examine la distribution verticale du pouvoir minéralisateur, on constate que la proportion importante d'azote minéralisable se trouve dans les couches superficielles situées entre 0 et 20 cm. Toutefois, la contribution des couches sous-jacentes demeure quantitativement importante: 26 à 50 % pour la couche 20 - 60 cm. La diminution du taux de minéralisation avec la profondeur a été expliquée par la diminution de la biodégradabilité des composés azotés suite à l'implication de l'azote aminé dans des formes plus complexes (Soudi *et al.*, 1990). Le potentiel de minéralisation est relativement plus élevé dans les sols calcaires de la Chaouia comparée aux trois sols de la région de Tadla. Cela peut être expliqué par le fait qu'au cours de l'incubation en conditions optimales d'humidité, la matière organique labile protégée dans les gangues calcaïques a pu devenir accessible à la microflore minéralisatrice.

Les travaux conduits au Maroc par le département des Sciences du sol à l'IAV Hassan II depuis 1972 (Chiang *et al.*, 1972, Chiang *et al.* 1983, Soudi *et al.*, 1990), ont montré que les



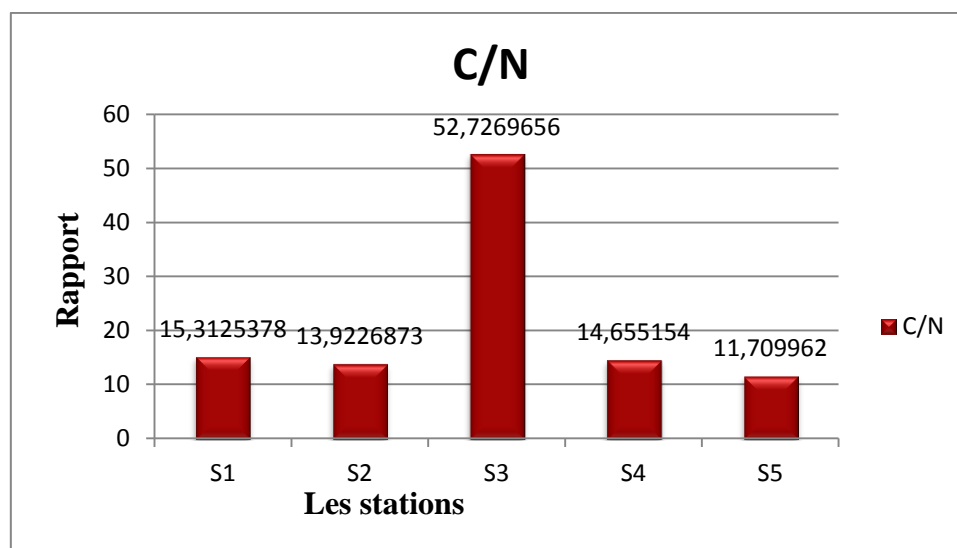
fluctuations saisonnières de la fourniture naturelle d'azote minéral se caractérisent par trois traits essentiels dans les sols de régions semi arides :

(i) l'allure générale des courbes de production d'azote minéral est similaire dans les trois sols étudiés. Cependant, les quantités d'azote minéral sont différentes d'un sol à l'autre selon leur pouvoir minéralisateur.

(ii) les valeurs d'azote nitrique représentent en moyenne, sur l'ensemble de la période de suivi, 73 %, 63 % et 58 % de N minéral total respectivement pour les sols CB (Calcimagnésique brun calcaire), le sol FC (Fersiallitique) et le sol IVC (Isohumique à caractère vertique). La forme ammoniacale domine en périodes de faible humidité ou de dessiccation suite à une réduction de la nitrification.

(iii) après les premières pluies automnales, on assiste à une sur - minéralisation ou flush effet analogue à celui constaté en conditions de laboratoire. Celui - ci génère des quantités d'azote minéral allant de 3 à 70 kg N/ha.

#### vii. Rapport C/N :



**Figure 35:** Histogramme représentant le taux de rapport C/N du sol.

Le rapport C/N se situe entre 11 et 52. Il est moyen. On enregistre C/N le plus élevé (52) tandis que le rapport le plus bas est constaté au niveau de la station 5

Ce rapport est largement utilisé pour classer les types de matières organiques dans un sol. Il représente un indicateur de dégradation des résidus dans un sol.

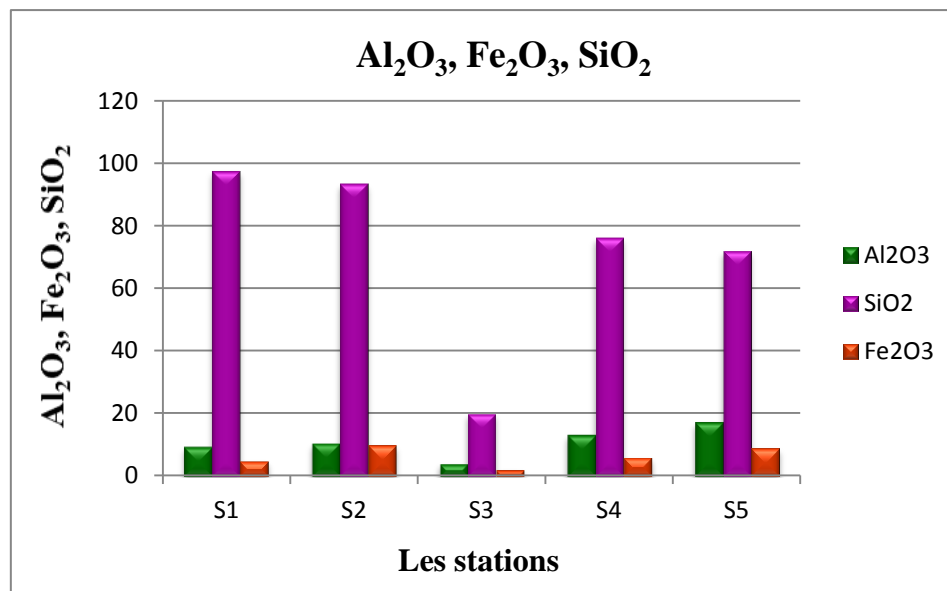
Borsali, (2013) a montré que l'augmentation concomitante des teneurs en azote total aux teneurs en carbone organique, avec comme conséquence une diminution du rapport C/N, suggère également des apports de matières organiques fraîches riches en azote. Nos résultats ont par ailleurs révélé une forte diminution, 8 ans après le dernier feu, des concentrations en C et N qui atteignent ici des valeurs critiques pour des sols forestiers de la zone semi-aride (Annabi *et al.*, 2009). Dans la forêt de Férouane, une érosion hydrique linéaire des sols est

observable dans la totalité des parcelles étudiées. Ce processus est en partie favorisé par l'aménagement de pistes carrossables pour la lutte contre les incendies et son intensité n'a jamais été quantifiée dans la forêt de Fénouane. Néanmoins, l'absence de l'horizon (B) et les très faibles teneurs en  $\text{CaCO}_3$  des sols non incendiés depuis 8 ans nous indiquent que l'érosion est plus intense dans ce stade postincendie et explique en partie les très faibles teneurs en carbone organique.

Les rapports C/N de la MO de source algale ou bactérienne sont beaucoup plus faibles et constants avec des valeurs de l'ordre de 6 à 8 et :  $\leq 6$ , respectivement (Lobbès *et al.*, 2000; Countway *et al.*, 2007). Les variations importantes observées ici sont liées à l'état avancé de dégradation de la MO (Moingt, 2008).

#### viii. Les éléments minimaux :

- $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SiO}_2$  :



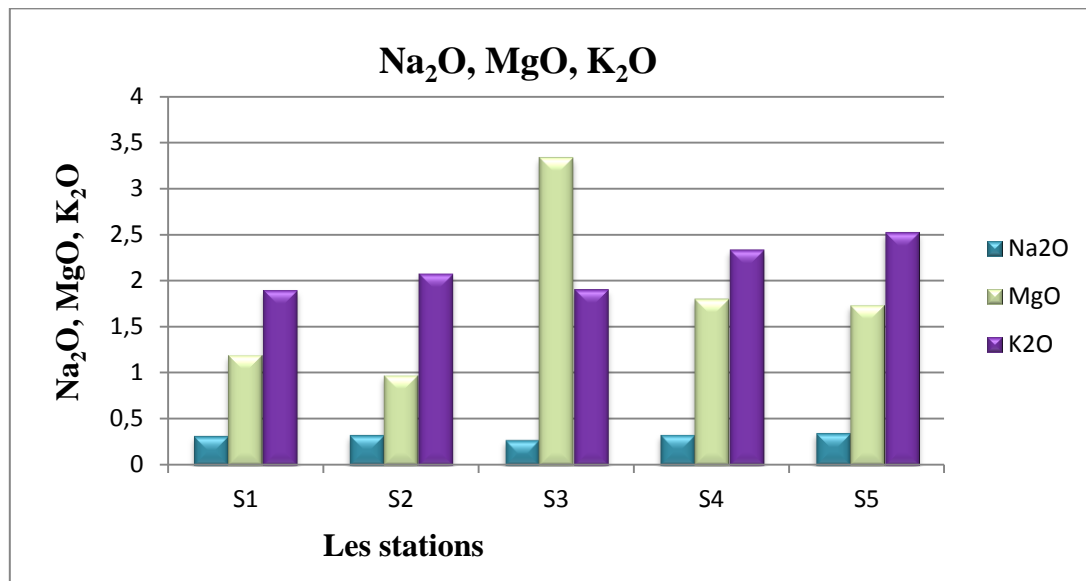
**Figure 36:** Histogramme représentant le taux des éléments  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SiO}_2$  du sol.

On remarque sur cette figure que le taux le plus important est celui du  $\text{SiO}_2$ . Le Tectosilicate de formule  $\text{SiO}_2$ , extrêmement stable est très fréquent dans les roches sédimentaires détritiques (entre autres les grès) et constitue un des minéraux essentiels des roches magmatiques et métamorphiques (c'est-à-dire les roches dont la teneur en  $\text{SiO}_2$  est supérieure à 65 %).

Le quartz est un minéral très résistant du fait de sa structure cristalline dépourvue de substitutions isomorphes et de sa très grande pureté (> 99 % de  $\text{SiO}_2$ ). Il constitue la forme stable de la silice à pression atmosphérique et jusqu'à 867°C ; l'assemblage des tétraèdres siliceux y est relativement dense comparé à celui de la cristobalite et de la tridymite qui sont des polymorphes de haute température. La densité du quartz est de 2,65.

Il s'agit d'un minéral quasi omniprésent et le plus souvent largement majoritaire dans les sols. Il peut fréquemment y représenter plus de 50 % de la fraction minérale et jusqu'à 90 % ou plus des fractions limoneuses et sableuses dans certains sols. Par contre, il est beaucoup moins abondant dans la fraction argileuse ( $< 2 \mu\text{m}$ ) : en règle générale, moins de 20 %. Le quartz est présent dans les sols soit sous forme de grains poly cristallins, soit sous forme de cristaux isolés.

▪ **Na<sub>2</sub>O, MgO, K<sub>2</sub>O :**



**Figure 37:** Histogramme représentant le taux des éléments Na<sub>2</sub>O, MgO, K<sub>2</sub>O du sol.

De façon évidente, on marque un taux très faible de Na<sub>2</sub>O enregistrée au niveau tous les stations, par contre par rapport MgO, K<sub>2</sub>O, station3 enregistre un taux élevé MgO par rapport les autres stations.

Le premier résultat obtenu montre que le faible taux de Na<sub>2</sub>O dû probablement à des causes climatique et anthropique.

La libération de K minéral est déterminée par les vitesses d'altération des minéraux qui peuvent être très lentes sous des climats froids et secs (Abail, 2013).

Le CaCO<sub>3</sub> est souvent accompagné de Mg (Belagoune, 2012).

▪ **SO<sub>3</sub>, Cl :**

Le taux de SO<sub>3</sub>, Cl au niveau du cinq (05) stations a été nul.

L'essentiel des minéraux fournis par la minéralisation des matières organiques provient des produits transitoires (Anonyme, 2011).

#### **4. La vulnérabilité des sols par rapport les facteurs physico-chimiques :**

Les forêts de la zone semi-aride algérienne sont généralement considérés comme dégradés, la dynamique de la végétation étant affectée par des perturbations, anthropiques ou non, et des stress à l'origine des processus de désertification. Les feux de forêt sont les premiers de la liste parmi ces perturbations et sont des phénomènes anciens et récurrents qui ont largement orienté l'évolution et la dynamique de la forêt et des espaces naturels. Ils affectent l'intégrité physique du milieu et la disponibilité de ressources, et modifient la structure des populations, des communautés et de l'écosystème (Pickett *et* White, 1985). Les stress environnementaux (sécheresses, canicules, salinité...) sont des facteurs internes ou externes à l'écosystème. L'intensité affecte les traits d'histoire de vie (croissance, reproduction, longévité...) et le comportement des organismes et, par ces réponses, affecte tous les niveaux d'organisation écologique (individus, populations, communautés et processus) (Barrett *et al.*, 1976).

Différents indicateurs ont été pris en compte pour évaluer la vulnérabilité des forêts de la wilaya de Saida, notamment en évaluent la dynamique de retour des propriétés physico-chimique des sols. Nos résultats montrent que le facteur limitant dans ces sol est l'eau, l'intense assèchement de ces sols pourrait ralentir, voire altérer à long terme, la dynamique de retour des propriétés microbiennes et des fonctions éco systémiques supportées par ces communautés.

---

## *Conclusion générale*

---

## Conclusion :

La dégradation des ressources naturelles demeure de nos jours un problème majeur pour le développement agro-sylvo-pastoral des zones arides et semi-arides (Pontanier *et al.*, 1995). En effet, dans ces zones, les conditions climatiques très précaires, l'explosion démographique et l'état de pauvreté accrue des sols ne permettent plus un maintien de l'équilibre entre l'exploitation faite par l'homme des ressources naturelles et leur régénération dans le temps et dans l'espace (Morin, 1993; Aronson *et al.*, 1993). Ces facteurs ont entraîné une disparition progressive de la végétation et une importante dégradation chimique et physique des sols forestiers (Pieri, 1989). Les caractéristiques en sont une perte de structure, la formation d'une couche battante en surface, une réduction de perméabilité, une augmentation de la compacité, le manque d'aération, la limitation de l'enracinement. On assiste alors à un dérèglement du régime hydrique du sol et l'apparition d'un pédoclimat présentant une aridité prononcée (Stroosnijder, 1996 ; Ambouta *et al.*, 1996). L'accentuation du phénomène d'érosion a abouti à la longue à l'apparition de sols dénudés dans ces zones semi arides et arides. Dans ces zones, ces glacis dénudés dont l'importance est de plus en plus inquiétante constituent en somme des ((jachères dégradées)) (Mando *et al.*, 1999).

Dans cette étude nous avons cherché à mettre en évidence les vulnérabilités des sols semi arides en étudiant certains facteurs physico-chimiques.

Les analyses et résultats obtenus permettent de dire que les sols de la région d'étude ont un pH qui varie de 7,7 à 8,44. Ceci est dû aux teneurs élevées en calcaire et ont des teneurs variables en calcaire puisque le taux varie de 0.18 à 44.08 %. Dans la plupart des échantillons étudiés, le taux de la matière organique est faible à moyen. A la lumière des résultats de conductivités électriques de tous les échantillons sont presque assemblable est classe les sols dans le non salé. Le potassium se trouve en concentration moindre variant de 0.81 à 1.04 textures plus au moins sableuse.

« *Le sol est une ressource non renouvelable essentielle à l'activité humaine et à la survie des écosystèmes* ». Sa préservation nécessite une étude et un suivi basés notamment sur des indicateurs de sa qualité.

---

## *Références Bibliographiques*

---

## Référence bibliographique :

**AAFI A.** (2003) - Dynamique de l'écosystème de la subéraie de la Mamora. Journée débat sur la régénération du chêne-liège, CRF/HCEFLCD, Maroc, 190 p.

**ABAIL Z.** (2013) - Notions sur les propriétés chimiques du sol et la nutrition des plantes, Projet: ACLIMAS, 35 p.

**Anonyme.** (2011) - Les produits organiques utilisables en agriculture en Languedoc-Roussillon, t. 1, p. 17-28.

**ARMITAGE F-B.** (1986) - Foresterie irriguée en pays arides et semi-arides : une synthèse, 195p.

**AUBERT G.** (1944) – Les sols acides et les amendements calcaires en France. Conférence Centre de Documentation Chimique.

**AUBERT G.** (1949) – Action de la nappe phréatique dans la formation des sols. Troisième Congrès africaniste. Ibadan (Nigéria).

**AUBERT M-G.** (1950) – Les sols des régions semi-aride d'Afrique et leur mise en valeur, Paris, 15 p.

**BARRETT, R.L., WOODVINE, F.** (1976). Possibilities for irrigated forestry in the Rhodesian low veld. Rhodesia Forestry Commission, Harare, Rhodesia. Research Paper 1, 50 p.

**BAIZE D.** (1995) – Guide pour la description des sols, , Paris, 311 p.

**BEGHADID N. et TOUAHRI Z.** (2013) - Impact des travaux de préparation du sol sur la régénération naturelle de *Pinus halopinsis* Mill dans trois stations – forêt d'Ain EL- Hadjar-Saïda). *Mém Ing. Etat en Biologie*. Univ. Saïda, 107 p.

**BELAGOUNE F.** (2012) - Etude et modélisation des crues des cours d'eaux en milieu semi-aride « cas des grands bassins versants 05, 06 et 07 ». *Thèse Mag*, Univ. Ouargla, 181 p.

**BENABDELI K** (1996) – Aspect physionomico-structural et dynamique des écosystèmes forestiers face à la pression anthropozoogène dans les monts de Tlemcen et les monts Dhaya (Algérie septentrionale) *Thèse Doct. Etat en écologie appliquée*, Univ. Sidi Bel Abbes, 356 p.

**B.E.N.E.D.E.R.** (1979) - Etude d'inventaire des terres et forêts de l'Algérie du nord, Fiches sous-zones homogènes, wilaya de Saïda, t 1, 121 p.



- B.E.N.E.D.E.R.** (1992) - Etude de développement agricole dans la wilaya de Saïda, Aménagement des zones forestières et de montagne, Rapport principal, Tipaza, Algérie, t 1, P 101-226.
- BENABDELI K.** (2010) – 50 Connaissances pour préserver l’environnement, 51p.
- BOULLARD B.** (1992) - petite encyclopédie de la forêt, Paris, édition Marketing, 384 p.
- C.C.D.** (2004) – Programme d’action national sur la lutte contre la désertification, 104 p.
- CHIANG C.N., SINNAEVE J et DUBUISSON G.** (1972) - Ecologie microbienne des sols du Maroc. I:Fluctuations saisonnières. Ann. Inst.Pasteur 122: 1171-1182.
- CHIANG, C. N., B. SOUDI & A. MORENO.** (1983) - Soil nitrogen mineralization and nitrification under moroccan conditions. Proc. 1 7th coll. Int.Potash Instituts Bern, pp: 1 29-1 39.
- C.L.I.M.P.A.C.T.** (2011) - Etude sur les impacts, la vulnérabilité et l’adaptation du Calvados au changement climatique, Rapport Final, 195 p.
- DELAUNOIS A.** (2006) - Guide simplifié pour la description des sols. 18 fig., 6 tab. Aubert, 1978).
- DEMOLON A.** (1948) – Principe d’agronomie, I – La dynamique du sol. Paris – Dunod.
- D.P.A.T.** (2008) – Monographie de la wilaya de Saïda, (Année : 2007), Saïda, 190 p.
- D.P.A.T.** (2008) – Plan d’Aménagement du Territoire de la Wilaya de Saïda. Evaluation Territoriale. Phase 1, Saïda, 150 p.
- DUCHAUFOR P.** (2001) - Introduction à la science du sol. Sol, végétation, environnement. Dunod, Paris, 6<sup>eme</sup> édit. 331 p., 116 fig., 10 tab, 4 pl.
- ERHART H.** (1943) - Sols à nodules calcaires et à gravillons ferrugineux de la Vallée du Niger au Soudan. C. R. Ac. Sc.
- F.B.I.L.** (2013) – Les principes de la fertilité des sols, Construire sa relation avec le sol. Suisse, 32 p.
- FEKIH K. et HENNI M.** (2010) - Dendrochronologie de deux résineux : *Pinus halepensis* Mill. et *Tetraclinis articulata* Vahl. Sur un gradient altitudinal dans la forêt d’Oum trif SAIDA. *Mém. Ing. Etat en Biologie*, Univ. Saïda, 123 p., 43 fig., 22 tab.
- GRECO J.** (1966) – L’érosion. La défense et la restauration des sols. Le reboisement en Algérie, Alger, 393 p.

**GUÉNON R.** (2010) - Vulnérabilité des sols méditerranéens aux incendies récurrents et restauration de leurs qualités chimiques et microbiologiques par l'apport de composts. *Thèse Doct*, Univ. Marseille, 218 p., 134 fig., 60 tab.

**GUYOT G.** (1999) – Climatologie de l'environnement. Paris, 2ème édition, 525 p., 300 fig., 51 tab.

**KEBAILI C.** (2009) - Contribution à l'étude des écosystèmes de la zone de Ain Skhouna (w. Saïda) et de ses incidences sur l'évolution de *Leishmaniose Cutanée*. *Mém. Ing. Etat en Agronomie*, Univ. Mostaganem, 87 p, 29 fig, 28 tab, 10 ph.

**KELLOGG Ch.** (1938) – Soil and men – Yearbook of agriculture – USDA. Washington.

**LABANI A.** (1999) - Analyse de la dynamique de l'occupation de l'espace et perspective d'écodéveloppement cas de la commune d'Ain El Hadjar (Saida, Algérie) thèse de Magister, 229 p.

**LABANI A., KEFIFA. et A BENABDELI K.** (2006) - Fluctuations climatiques et dynamique de l'occupation de l'espace dans la commune de Ain El Hadjar (Saïda, Algérie). *Art sci. Sécheresse* vol. 17, n° 3, juillet-août-septembre 2006, Univ. Sidi Bel Abbes, p. 391-398, 8 Fig. 5 tab.

**L.C.A.** (2008) - Guide pratique : comprendre et utiliser les analyses agro-environnementales.

**MADANI D.** (2008) - Relation entre le couvert végétal et les conditions édaphiques en zone à déficit hydrique». *Thèse Mag*, Univ. Batna, 118 p.

**MAIGNIEN R.** (1948) – Extension des sols bruns et des sols bruns rouges en Mauritanie, au Sénégal et au Soudan. Commonwealth conference of tropical soils rothamstead (Angleterre).

**MATHIEU C.** (1998) - Analyse physique des sols. Paris, 275 p., 86 fig., 29 tab., 09 ph.

**MATHIEU C.** (2003) - Analyse chimique des sols. Paris, 387 p., 30 fig., 40 tab.

**MECHEREF M.** (2011) - Géo-environnement et dynamique des écosystèmes forestiers dans les Monts de Saïda-Cas de la Commune de Oueld Brahim- Wilaya de Saïda. *Mém. Ing. Etat en Biologie*, Univ. Saïda, 127 p.

**MOINGT M.** (2008) - Caractérisation de la matière organique dissoute d'un site d'eau de surface (fleuve Saint-Laurent) et d'un site d'eau souterraine (Aquifère de l'Astien, FRANCE)

**MORIN S.** (1993) - Les dissymétries fondamentales des Hautes terres de l'Ouest Cameroun et leurs conséquences sur l'occupation humaine. Exemple des monts Bambouto. *L'homme et la montagne tropicale*. Sep. Ed., Univ.

**NEDJIMI B. et HOMIDA M.** (2006) - Problématique des zones steppiques Algériennes et perspectives d'avenir, Centre Universitaire de Djelfa, 7p.

**NEDJRAOUI D et BEDRANI S.** (2008) - **La désertification dans les steppes algériennes : causes, impacts et actions de lutte.**

**RAMAD F.** (2003) - Eléments d'écologie, Ecologie fondamentale. Paris, 3<sup>ème</sup> édit. 690 p., 445 fig., 73 tab., 38 pl.

**ROBERT M.** (1996) - Interface dans l'environnement. Ressource pour le développement. 3<sup>ème</sup> cycle, Paris, 244 p., 83 fig., 35 tab, 11 ph.

**SAHRAOUI A.** (2008) - Erosion éolienne et risque d'ensablement dans la région de Barika : Approche quantitative et cartographie automatique. *Thèse Mag*, Univ. Batna, 109 p.

**Station météorologie** Rebahia, (2010).

**TABEAUD M.** (1998) – La climatologie générale. Paris, 95 p., 69 fig.

**U.E.** (2011) - Les sols, la face cachée du cycle climatique, 24 p.

**WIEBE B-H. et al.** (2001) - L'agriculture écologiquement durable au Canada: Série sur les indicateurs agroenvironnementaux - Rapport n° 2.

---

# *Annexes*

---

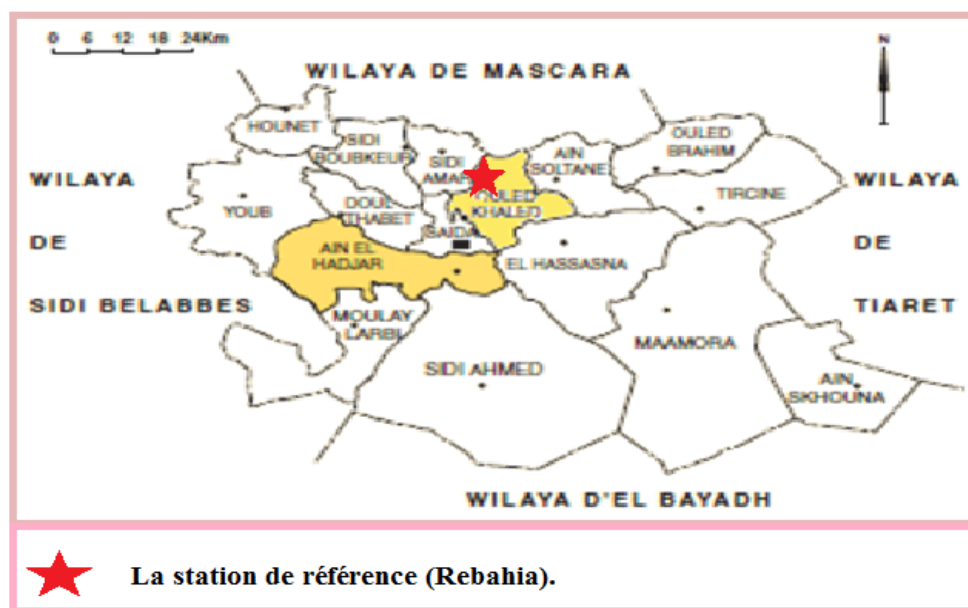
# Annexe 1: Etude climatique de la zone d'étude.

## 1. Le climat :

Le climat est l'ensemble des actions de l'atmosphère : humidité, Pluit, température, vents. C'est l'élément naturel sur lequel l'homme n'a aucune influence directe (sauf le cas particulier des irrigations). C'est un facteur essentiel du développement des plantes, de la formation et de l'évolution des sols .ses principales composantes ont une influence importante sur l'érosion (Greco, 1966).

### 1.1 Choix de la station de référence

L'absence d'une station météorologique au niveau de la région d'étude nous a contraints à utiliser pour ce travail des mesures issues de la station de référence de Rabahia (Ouled Khaled), dont la localisation est indiquée par les coordonnées géographiques (34°55'00''N, 00°09'00''E) pour une altitude de 750 m (figure1)



**Figure 1:** Carte de localisation de la station de référence (Rebahia) par rapport à la zone étude (Labani, Kefifa *et al*, 2006, modifiée).

### 1.2 Les précipitations :

La répartition des pluies selon les saisons ainsi que les hauteurs moyennes des précipitations mensuelles observées durant la période 1983-2012 (tableau 1).

**Tableau 1:** Pluviométrie moyennes mensuelles et annuelles en mm de la région d'étude sur la période 1983-2012.

| Mois   | Sept | Octo | Nove | Dece | Janv | Fevrie | mars | Avril | Mai | Juin | Juil | Aout | Total |
|--------|------|------|------|------|------|--------|------|-------|-----|------|------|------|-------|
| P (mm) | 23   | 41   | 44   | 34   | 38   | 36     | 40   | 36    | 31  | 12   | 6    | 12   | 353   |

(Station Météorologie Rebahia, Saida, 2013).

La région d'étude reçoit environ 353 mm/ an entre 1982 et 2012. Ainsi la distribution de cette tranche est irrégulière comme le montre le tableau 1. Les maximums des pluies sont enregistrés dans le mois de Octobre, Novembre et mars ; alors que le mois de juillet ne reçoit que de faibles quantités.

### 1.2.1 Détermination du régime pluviométrique :

**Tableau 2 :** Régime saisonnier des précipitations de la zone d'étude pour la période 1983-2012.

| P (mm) | Hiver<br>(Dece, Janv, Fevr) | Printemp<br>(mars, Avri, Mai) | Été<br>(Juin, Juil, Août) | Automne<br>(Sept, Octo, Nove) | Type |
|--------|-----------------------------|-------------------------------|---------------------------|-------------------------------|------|
| P (mm) | 108                         | 107                           | 30                        | 108                           | HAPE |

A partir du tableau 2, nous remarquons que la zone d'étude présente un régime saisonnier de type HAPE pendant la période 1983-2012, avec une tranche pluviométrique saisonnière essentiellement hivernale, et l'été est la saison la plus sèche.

### 1.3 La température :

Les données thermométriques caractérisant la région d'étude durant la période (1983-2012) recueillis dans la station météorologique de Rebahia, sont représentées dans le tableau 3

**Tableau 3:** Températures moyennes mensuelles minimales et maximales de la zone d'étude (1983-2012). (Station Météorologie Rebahia, Saida, 2013).

| Mois               | Sept | Octo | Nove | Dece | Janv | Fevr | Mars | Avri | Mai | Juin | Juil | Aout |
|--------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|------|------|------|
| T° moy max<br>(°C) | 30   | 25   | 18   | 15   | 14   | 15   | 18   | 21   | 26  | 32   | 36   | 36   |
| T° moy min<br>(°C) | 15   | 12   | 7    | 4    | 3    | 3    | 5    | 7    | 10  | 15   | 18   | 19   |
| T° moy (°C)        | 23   | 18   | 13   | 10   | 8    | 9    | 12   | 14   | 18  | 23   | 27   | 27   |

D'une manière générale, les températures moyennes mensuelles varient d'une saison à l'autre révélant ainsi la présence de deux saisons :

- Une saison chaude s'étalant de Mai à Octobre dont les mois les plus chauds sont : Juillet et Août  $M = 36\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
- Une saison froide s'étalant de Novembre jusqu'à Avril dont la température la plus basse  $m = 3\text{ }^{\circ}\text{C}$  durant le mois de Janvier et Février.

## 1.4 Autres facteurs climatiques :

### 1.4.1 Les vents :

Le vent est un déplacement d'air né des différences de pression entre deux points d'une même plante horizontale (Tabeaud, 1998).

Dans la région d'étude, la valeur de la vitesse du vent n'est pas constante tout au long de l'année mais sa variation mensuelle reste très peu prononcée (tableau 4).

**Tableau 4 :** La vitesse du vent moyenne annuelle et le nombre de jours sirocco moyen de la région d'étude (1983-2012).

| Mois                | Sept | Octo | Nove | Dece | Janv | Fevr | Mars | Avri | Mai | Juin | Juil | Aout |
|---------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|------|------|------|
| <b>Vent moy M/S</b> | 2.3  | 2.3  | 2.6  | 2.6  | 2.8  | 2.8  | 2.8  | 3.0  | 2.8 | 2.8  | 2.6  | 2.6  |
| <b>Sirocco</b>      | 1    | 2    | 0    | 0    | 0    | 0    | 1    | 1    | 3   | 3    | 3    | 3    |

(Station Météorologie Rebahia, Saida, 2013).

**Tableau 5 :** Direction et fréquence du vent de la région d'étude (1983-2012).

| Direction          | N    | N.E | E   | S.E | S    | so  | O   | N.O |
|--------------------|------|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|
| <b>Fréquence %</b> | 14.7 | 2.2 | 1.4 | 2.9 | 10.6 | 3.2 | 7.2 | 8.9 |

(Station Météorologie Rebahia, Saida, 2013).

Les vents bénéfiques sont ceux de l'Ouest et du Nord-ouest (avec respectivement 7.2 % et 8.9 % des fréquences), ces vents déplacent des masses d'air instable chargée d'humidité laquelle se transforme en précipitations au contact des massifs. Par contre des vents violents et chauds sévissent dans le désert appelé sirocco, se déplacent vers le Nord en période de basse pression en méditerranée (en été et printemps avec une fréquence de 10.6) (tableau 5).

### 1.4.2 Le Gelée :

Sur une période de 30 ans (1983-2012), la moyenne annuelle des gelées est de 39 jours (tableau 6). Les mois de Décembre, Janvier et Février sont les mois les plus froids de l'année d'étude, coïncidant avec le plus grand nombre de jours avec gelée.

**Tableau 6 :** Le nombre de jours de gelée de la région d'étude (1983-2012).

| Mois             | Sept | Octo | Nove | Dèce | Janv | Févr | Mars | Avri | Mai | Juin | Juil | Aout |
|------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|------|------|------|
| Nbr de jours Gel | 0    | 0    | 2    | 9    | 12   | 10   | 4    | 2    | 0   | 0    | 0    | 0    |

(Station Météorologie Rebahia, Saida, 2013).

### 1.4.3 L'Humidité relative de l'air :

Les données caractérisant l'humidité relative de l'air de la région d'étude au cours de la période (1983-2012) sont reportées sur le tableau 7.

**Tableau 7 :** L'humidité relative de la région d'étude au cours de la période (1983-2012).

| Mois      | Sept | Octo | Nove | Dece | Janv | Fevr | Mars | Avri | Mai | Juin | Juil | Aout |
|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|------|------|------|
| Humidié % | 53   | 60   | 67   | 71   | 69   | 67   | 64   | 61   | 58  | 47   | 39   | 41   |

(Station Météorologie Rebahia, Saida, 2013).

Selon les données du tableau 7, l'humidité moyenne annuelle est de 58.08 %. Le maximum est enregistré en saison hivernale (71%) alors que le minimum (39 %) est observé en été.

### 1.5 Synthèse climatique :

Les températures et les précipitations constituent les deux principaux paramètres des climats car l'ensoleillement est de façon générale, bien corrélé avec la température.

Divers types de diagrammes destinés à donner une représentation graphique des paramètres majeurs du climat propre à une région donnée. Les principaux sont les



climatogrammes et les diagrammes ombrothermiques de Gaussen (Ramade, 1999 *in* Fekih *et* Henni, 2010).

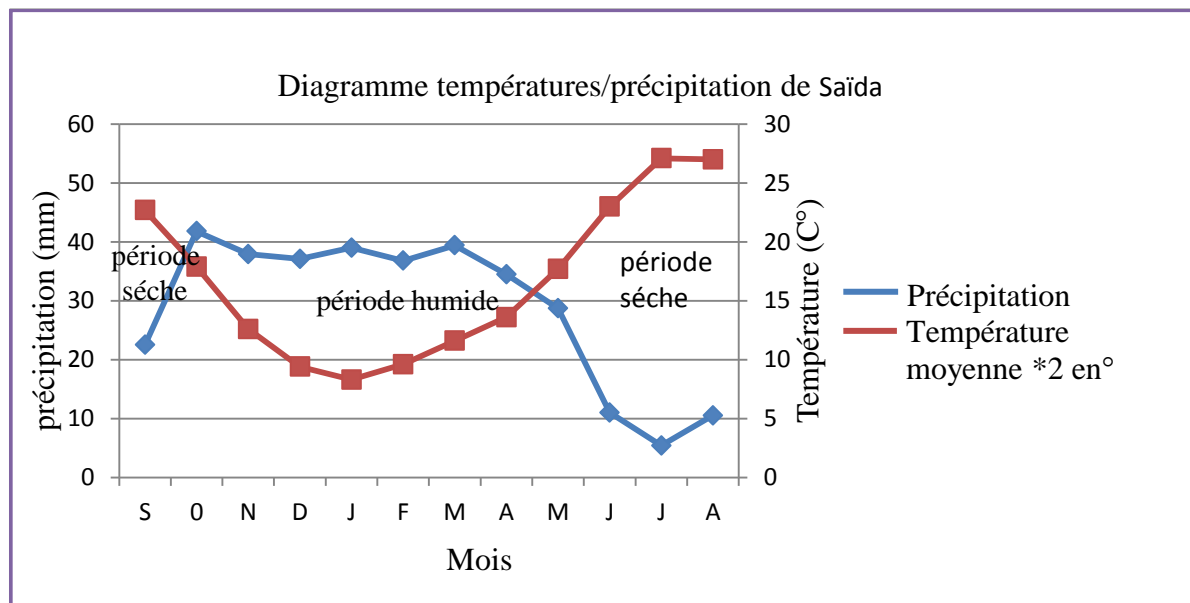
### 1.5.1 Diagramme Ombrothermiques de Bagnouls et Gaussen :

Les diagrammes ombrothermiques sont un moyen conventionnel de qualifié le climat d'une station.

Pour localiser les périodes humides et sèches de la région d'étude, nous avons tracé le diagramme Ombrothermique pour la période (1983-2012) en utilisant les données thermométriques et pluviométriques recueillies.

Ces graphiques sont régis par des règles strictes : les mois sont figurés en colonnes regroupées selon les quantités saisonnières de précipitations. La pluviométrie mensuelle et les températures moyennes sont représentées de telle façon que le rapport ( $P = 2T$ ). La courbe pluviométrique passe sous la courbe thermique lorsque le mois est « sec » (Tabeaud, 1998).

Les courbes expriment donc les précipitations mensuelles en mm et 2 fois la température moyenne mensuelle



**Figure 2 :** Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen de la région d'étude (1983-2012).

### 1.5.2 Le quotient pluvio-thermique d'emberger :

Selon Greco (1966), on a cherché des formules simples liant les deux facteurs essentiels définissant le climat : température et précipitations atmosphériques. Pour le climat méditerranéen, c'est qui est surtout utilisé.

$$Q = \frac{100 P}{\frac{2(M + m)}{2} (M - m)}$$

**P** : étant la moyenne des pluies annuelles

**M** : étant la moyenne des températures maxima du mois le plus chaud

**m** : étant la moyenne des températures minima du mois le plus froid.

Suivant la valeur de (Q) (Tableau 8) on distingue :

**Tableau 8** : Le quotient et le climat.

| Q   | Climat                            |
|-----|-----------------------------------|
| 100 | Humide                            |
| 50  | Subhumide (tempéré méditerranéen) |
| 25  | Semi-aride                        |
|     | Aride                             |

En Algérie on utilise la formule de Stewart (1975) qui est adaptée à ces conditions climatiques :

$$Q_2 = 3.43 P/M - m \quad (\text{Labani, 1999}).$$

Avec les paramètres de la station :

- **P** = 353 mm
- **M** = 36 + 273 = 309 K°.
- **m** = 3 + 273 = 276 K°.
- **Q<sub>2</sub>** = (3.43 × 353) / (2(36+3)/2 (36-3)) = 36,69.

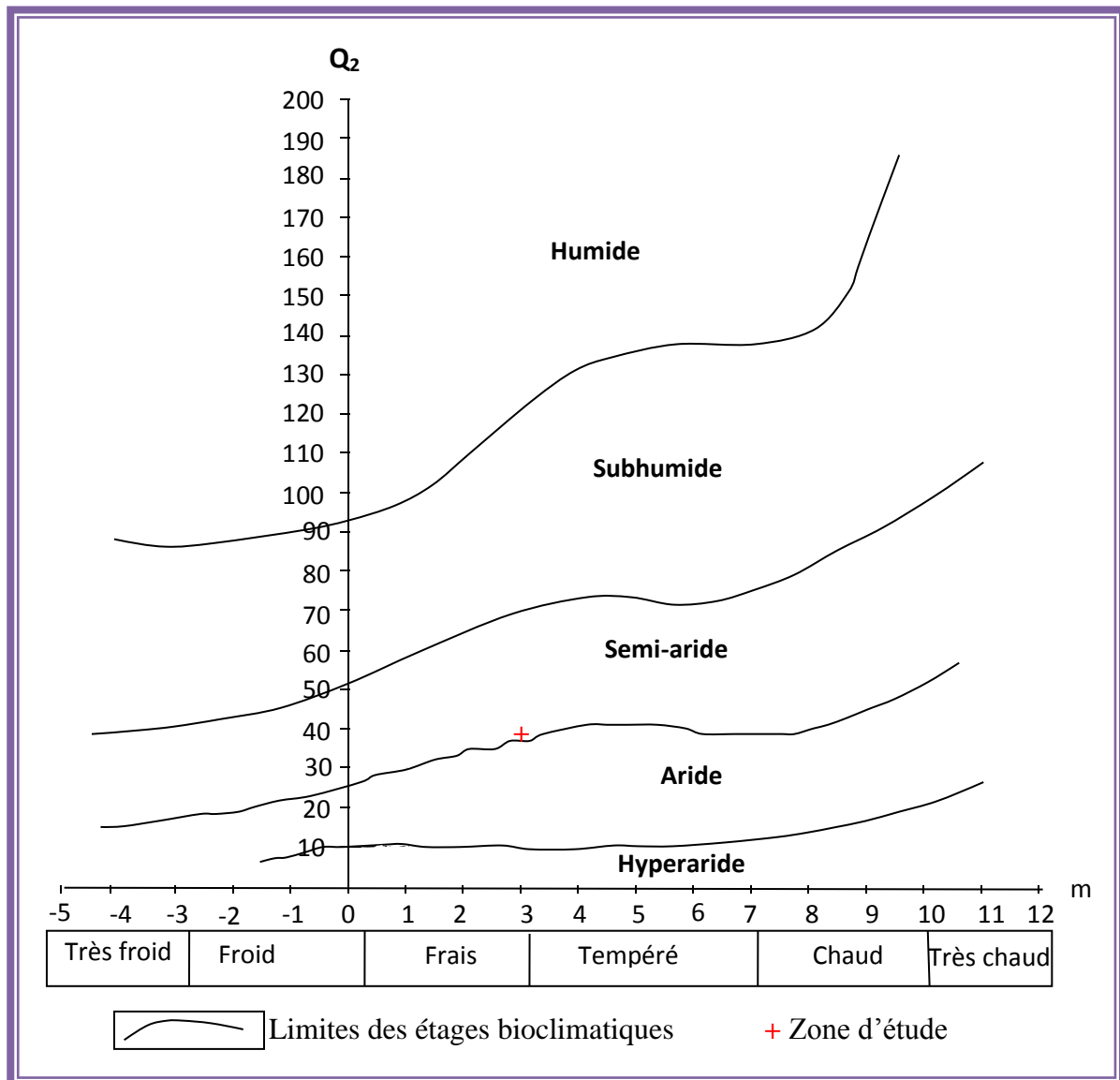
### 1.5.2.1 Climagramme d'Emberger :

C'est la classification la plus utilisée dans la région méditerranéenne, il représente les localités- dont les climats doivent être comparés- pointées sans limitation sous forme d'une grille de référence (figure3).

A partir du tracé du diagramme ombrothermique (figure 2) et du climagramme d'Emberger (figure 3), on constate que :

- Un climat semi-aride avec une sécheresse estivale prononcée (2T est nettement supérieur à P de mai à septembre et inférieur le reste de l'année) pendant la période (1983 – 2012).

- La zone d'étude est dans l'étage semi-aride à hiver frais.



**Figure 3 :** L'étage bioclimatique de la zone d'étude selon le Climagramme d'Emberger (Mecheref, 2011).

### 1.5.3 L'indice d'aridité de De Martonne :

Cet indice permet de caractériser le pouvoir évaporant de l'air à partir de la température :

$$IDM = P/T+10$$

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

De Martonne a ainsi proposée la classification des climats en fonction des valeurs de l'indice qui sont données dans le tableau 9 (Guyot, 1999).

**Tableau 9** : Classification des climats en fonction de la valeur de l'indice de De Martonne (Guyot, 1999).

| Valeur de l'indice | Type de climat |
|--------------------|----------------|
| $0 < I_{DM} < 5$   | hyper-aride    |
| $5 < I_{DM} < 10$  | Aride          |
| $10 < I_{DM} < 20$ | Semi-aride     |
| $20 < I_{DM} < 30$ | Semi-humide    |
| $30 < I_{DM} < 55$ | humide         |

Avec les paramètres de la station :

- $P = 353$  mm
- $T = 16.83^{\circ}\text{C}$ .
- $I_{DM} = 353 / 10 + 16.83 = 13.15$

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

## 1.6 Conclusion :

D'après les résultats obtenus de l'analyse des données climatiques, on constate :

- Le climat de la région est de type méditerranéen avec un été chaud et sec et avec un hiver froid et humide.
- Une pluviométrie faible et irrégulière (353 mm) avec un régime pluviométrique du type HAPE et une grande irrégularité interannuelle et inter-saisonnière.
- La saison sèche s'étale sur environ 6 mois, et avec un étage bioclimatique semi-aride frais.
- Des températures fortes en saison estivale et basse en saison hivernale.

## - ملخص :

نمو وموت الأشجار اللتي تتم على مستوى المناخ الشبه الجاف يتطلب بالتأكيد التقييم لحاجتها للضوء، ولكن دراسة خصائص التربة مهم جدا لتحديد حاجتهم إلى المواد الغذائية والماء، ويمكن لهذه البيانات توفير مساعدة قيمة لتسيير الغابات غير النظامية، وخصوصا عندما يتعلق الأمر بالأنواع المحبة للضوء مثل الصنوبر الحلبي. العمل الحالي هو تسليط الضوء على قابلية تأثر تربة الغابات العامل البيئي في وسط هش، كما هو مبين ظاهريا في المنطقة الشبه الجافة " سعيدة "، وهي حساسة لتأثير عوامل البيئة، والذي يسبب في بداية خطر التدهور. في هذا السياق، نقوم بدراسة وصفية وتحليلية لتربة الغابات في منطقة سعيدة. في هذا الصدد، دراسات التربة هي مفيدة بشكل خاص لتقييم آثار العوامل البيئية على نوعية التربة، واختيار أفضل التقنيات لتكون قادرة على الحفاظ على "التراث" في جميع إمكاناتها. كل هذه الأعمال تقدم تشابها قويا بين غابات ولاية سعيدة استنادا للخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة من هذه الغابات.

## الكلمات المفتاحية:

الغابات، الضعف، تدهور، الخصائص الفيزيائية والكيميائية، التربة.

## - Résumé :

La croissance et la mortalité des arbres poussant dans l'étage bioclimatique semi - aride nécessite certes une quantification de leur besoin en lumière mais l'étude des caractéristiques pédologiques est très importante pour quantifier leur besoin en nutriments et en eau et ces données pourrait fournir une aide précieuse pour la gestion des forêts irrégulières, en particulier quand il s'agit d'espèces héliophiles comme le pin d'Alep.

Le présent travail consiste à mettre en lumière la vulnérabilité des sols forestiers au facteur de l'environnement dans un milieu fragile, comme le montre la physionomie de la région semi-aride « Saïda », qui est sensible à l'influence des facteur de l'environnement, ce qui engendre le déclenchement du risque de dégradation. Dans ce contexte, on a fait : une étude descriptive et analytique des sols forestiers de la région de Saïda.

A cet égard, les études pédologiques sont particulièrement utiles pour évaluer les effets des facteurs environnementaux sur la qualité du sol, et pour choisir les meilleurs techniques qui seront capable de conserver le « patrimoine » dans toutes ses potentialités.

L'ensemble de ces travaux offre une forte similitude entre les forêts de la wilaya de Saïda en fonction des paramètres physico-chimiques du sol de ces forêts.

**Mots clés :** Forêt, vulnérabilité, dégradation, propriétés physico-chimiques, sol.

## - Abstract :

Growth and mortality of trees growing in the bioclimatic semi - arid certainly requires a quantification of their need for light, but the study of soil characteristics is very important

quantify their need for nutrients and water, and these data could provide a valuable aid for the management of irregular forests, especially when it comes to sun-loving species such as Aleppo pine.

The present work is to highlight the vulnerability of forest soils environmental factor in a fragile environment, as shown in the face of the semi-arid region "Saida", which is sensitive to the influence of the factor environment, which causes tripping of the risk of degradation. In this context, it was: a descriptive and analytical study of forest soils in the region of Sidon. In this respect, soil studies are particularly useful for evaluating the effects of environmental factors on soil quality, and to choose the best techniques to be able to preserve "heritage" in all its potential.

All these works offer a strong similarity between the forests of the province of Saida based on physico-chemical parameters of the soil of these forests.

**Keywords:**

Forest, vulnerability, degradation, physico-chemical properties, soil.