



Sommaire

INTRODUCTION	
I. ETUDE PHYSICOCHIMIQUE DES SOLS :	
I.1. GENERALITES	
I.2. PRELEVEMENT DES ECHANTILLONS DE SOLS	
I.3. PRETRAITEMENT DES ECHANTILLONS DE SOLS	
I.3.1. Séchage	
I.3.2. Broyage	
I.3.3. Tamisage	
I.4. EXPERIMENTATION : ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES DE SOLS	
I.4.1. Granulométrie (Texture de sol)	
a. But et Principe.....	
b. Matériel et Méthode.....	
I.4.2. Calcaire total	
a. But et Principe.....	
b. Matériel et Méthode.....	
I.4.3. Ph eau, pH kCl	
a. But et Principe.....	
b. Matériel et Méthode.....	
I.4.4. Matière organique	
a. But et Principe.....	
b. Matériel et Méthode.....	



II. RESULTATS ET INTERPRETATIONS.....

CONCLUSION



Introduction

L'importance d'analyse physico-chimique des sols agricoles permet aux agriculteurs d'évaluer les niveaux de fertilisations physique et chimique des sols et d'adapter aux programmes de fertilisation complémentaire en fonction des besoins des sols et des cultures.

Les analyses permettent a l'agriculteur :

- connaître l'état de son sol , son évolution et son développement.
- Obtenir le meilleur rendement au niveau de productivité.
- Maitriser les couts de production.
- Protéger l'environnement.

Au cours de stage j'effectué plusieurs analyses physico-chimiques des sols agricoles qui sont :

- Granulométrie(texture des sols).
- Calcaire total.
- pH eau, pH KCl.
- Matiere organique.



Présentation du laboratoire

Créé par Dr. Omar SAIDI (Lauréat des Laboratoires et Universités de France), **Agrilabo**, est le premier Laboratoire, privé dans la région de l'Est du Maroc, spécialisé dans les analyses de Sols, d'Eaux et des Plantes.

Agrilabo est une infrastructure étalé sur une superficie totale de 225 m², dotée d'un équipement scientifique spécifique pour chaque type d'analyses, avec un personnel pluridisciplinaire formé à l'utilisation des méthodes normalisées.

Ses compétences lui ont values l'Agrément du Ministère de l'Agriculture, du Développement Rural et des Pêches maritimes, ainsi que des attestations fournies par plusieurs organismes publics et privés.

Agrilabo travaille avec et pour les acteurs du développement agricole et territorial. Il s'adresse également à chaque usager qui pourra trouver un ensemble complet de détermination pour apprécier la qualité de ses sols, de ses plantes et de ses eaux ainsi que pour préserver l'environnement.

Agrilabo est structuré en 4 services :

- Service d'échantillonnage et prélèvement des échantillons
- Service d'Analyses
- Service Interprétation et Ferticonseils
- Service Formation, encadrement Etudes de projets

-Les activités menées et les recherches effectuées par AGRILABO sont :

- *Analyses agronomiques : sols, plantes, eaux.*
- *Analyses agro-alimentaires.*
- *Analyses environnementales.*
- *Recommandation d'engrais.*
- *Etudes agronomiques, pédologiques, agro-alimentaires et sur l'environnement.*

-AGRILABO réalise également des recherches à plusieurs niveaux. Notamment :

- *Fertilité des sols et fertilisation de plusieurs cultures.*
- *pédologie de différentes parcelles.*
- *préservation de la qualité des sols.*
- *Amélioration de la productivité agricole.*



- *bonnes pratiques de prélèvements des échantillons de sols.*
- *Qualité des eaux de puits pour l'irrigation.*
- *potabilité des eaux de puits.*
- *bonne gestion de la matière organique.*
- *salinité des eaux.*
- *salinité des sols...*

-Et aussi AGRILABO intervient également au niveau pédagogique et de diffusion de son savoir et savoir faire, et ce par :

- *la formation et l'encadrement en agronomie.*
- *le suivi et le conseil en agronomie.*
- *l'encadrement des élèves stagiaires d'universités, d'écoles agricoles et d'instituts agronomiques.*

-Les finalités des recherches peuvent se résumer dans les points suivants :

- *avoir une meilleure gestion de la fertilité des sols.*
- *connaître les facteurs nuisant à une meilleure productivité.*
- *Améliorer la productivité en qualité et en quantité.*
- *préserver la qualité des sols.*
- *Préserver la qualité des eaux.*
- *lutter contre des maladies végétales.*
- *Mieux raisonner la fertilisation, afin d'éviter les excès et les insuffisances qui déprécient la qualité.*
- *protéger l'environnement, ...*



I. ETUDE PHYSICO-CHIMIQUE DES SOLS

I. 1. GENERALITES

I.1.1. Définitions

Le **sol** provient en général de l'altération sur place de la roche mère **sous-jacente**, sous l'influence de facteurs physiques, chimiques et biologiques. La roche mère est aussi appelée sous-sol.

La **pédologie** décrit les différents types de sols ainsi formés, en distinguant plusieurs horizons ; elle classe les sols et étudie leur évolution.

L'agronomie s'intéresse surtout à la **couche arable** et au sol sous-jacent, étudiés grâce à l'examen d'un **profil cultural**.



Figure I.1 : Le Sol sur granit avec un horizon sous-jacent bien exploité par les racines.

La **couche arable**, correspondant en général à l'horizon superficiel à des pédologues, est travaillée par l'agriculteur (labours et façons culturales) ; elle reçoit amendements et engrais. Sa couleur est en général plus foncée que celle de l'horizon sous-jacent par suite d'une teneur plus élevée en matière organique.

L'**horizon sous-jacent** constitue une zone intermédiaire, d'épaisseur très variable, entre la couche arable et la roche mère. Il contribue plus ou moins, selon les sols et la façon dont il est exploré par les racines, à la nutrition des plantes en éléments minéraux et en eau.

Son importance est grande, tant pour le raisonnement de la fertilisation que pour l'implantation racinaire qui doit être facilitée au maximum.

I.1.2. Importance et fonction du sol

Par rapport au diamètre de la terre, le sol, enveloppe externe de la terre, est extrêmement mince. Il constitue la base et l'espace de vie pour les hommes, les animaux, les plantes et les microorganismes : Le sol est un bien qui nécessite une très haute protection. En tant que partie du cycle naturel, le sol remplit de nombreuses fonctions. D'abord, c'est un endroit où poussent les plantes. Ensuite il remplit la fonction de grenier de substances nutritives ; il contient les substances nutritives organiques et inorganiques nécessaires à la vie : Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , NO_3 et H_2PO_4 qui alimente les plantes et les animaux.

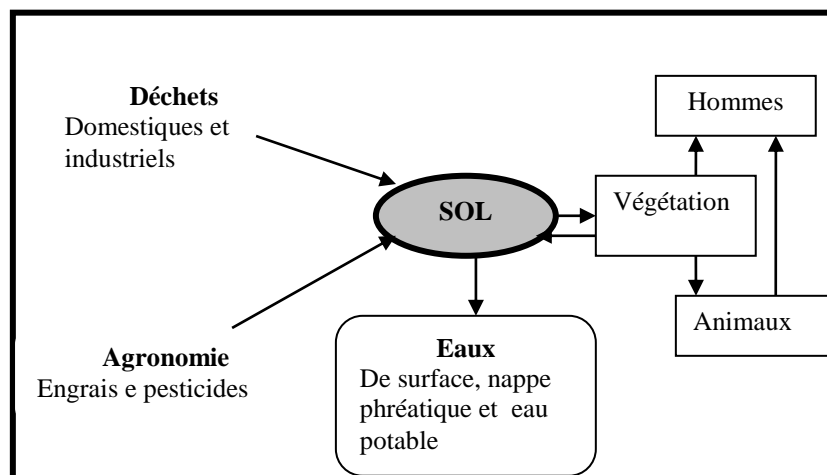


Figure I. 2 : Le sol en tant que réservoir, tampon et transformateur vis-à-vis des polluants.

Le sol perd continuellement une partie de ses substances nutritives à travers les plantes, mais aussi par émission de gaz, par lessivage avec l'eau, l'effritement ou l'érosion. Ces pertes sont compensées par la minéralisation provenant des substances organiques mortes, par l'érosion des roches et par l'apport de l'atmosphère (fixation de l'azote).

Une autre fonction importante de sol est la régularisation de l'écoulement et l'infiltration des eaux issues des précipitations. Dans ce contexte, la fonction du sol en tant que filtre devient importante, il enlève de l'eau les composés dissous et les lie à ses composants solides, des substances organiques et également des polluants.

I.1.3. Composition du sol

La composition d'un sol dépend de nombreux facteurs tels que : le climat, la nature de la roche mère, la pente, l'exposition, etc..., et des facteurs biotiques : couvert végétal, organismes vivant, etc.... Sa formation est liée au facteur temps, c'est-à-dire, la durée nécessaire à la dégradation de ses éléments constitutifs organiques et minéraux.

Le sol comprend quatre composants principaux : l'air, l'eau, les constituants minéraux et la matière organique (**figure I.3**). L'espace poreux (air et eau) peut occuper près de la moitié du volume total. Les proportions entre air et eau sont soumises à de grandes fluctuations, mais l'état d'humidité optimum pour la croissance des plantes correspond à des volumes sensiblement égaux en air et en eau.

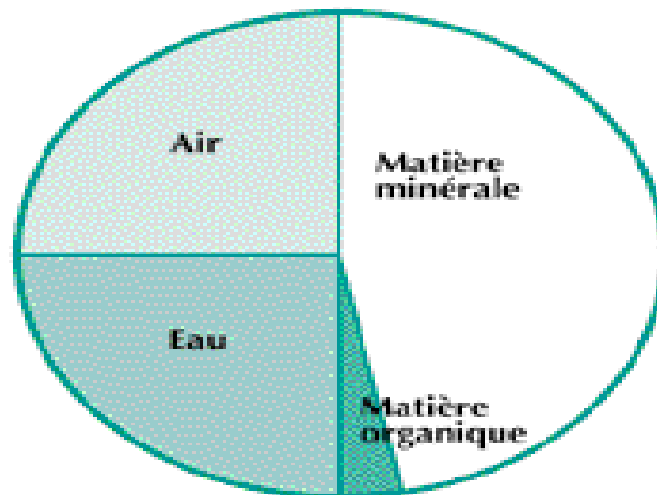


Figure I. 3 : Exemple de partage des composants principaux dans un sol cultivé (en volume).

Terre fine

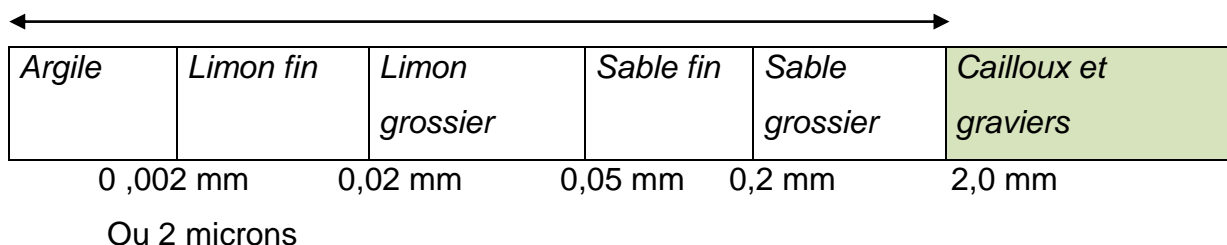


Figure I.4 : Classification des particules solides d'un sol

I.2. LES PROPRIÉTÉS PHYSICOCHIMIQUES DU SOL

I.2.1. Le pouvoir adsorbant

Un sel minéral en dissolution dans l'eau du sol s'y trouve en partie à l'état dissocié, scindé en deux ions : l'anion, chargé négativement (Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^- , $\text{PO}_4 \text{H}^{2-}$) et le cation, chargé positivement (K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{2+} , Mn^{2+} , Zn^{2+} , etc.). Les cations continuellement en mouvement représentent les éléments minéraux à l'état échangeable et sont biodisponibles pour la plante. L'hydrogène (H^+) est le cation le plus énergiquement retenu par le complexe argilo humique. Le complexe argilo humique possède la propriété de retenir à sa surface les cations de la solution du sol (**pouvoir adsorbant**).

Les engrais azotés minéraux apportent l'azote :

- Soit sous forme du cation ammoniacal NH_4^+ qui peut se fixer sur le complexe argilo humique.
- Soit sous forme de l'anion nitrate NO_3^- qui n'est pas retenu par le complexe et est mobile dans la solution du sol.



Figure I.5 : Schéma du complexe adsorbant.

I.2.1. L'importance du complexe adsorbant et sa saturation

Le complexe adsorbant d'un sol est saturé quand tous les ions H^+ (H_3O^+) sont remplacés par des cations échangeables tels que Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ .

La quantité maximum de cations qu'un sol peut fixer détermine la capacité d'échange cationique (C.E.C.).

Le taux de saturation est plus ou moins élevé selon que le complexe est plus ou moins saturé en cations échangeables.



Pour obtenir l'efficacité maximale de la fertilisation, l'agriculteur devra maintenir la capacité d'échange cationique du complexe en favorisant la formation d'humus et en saturant le complexe par des amendements basiques, le cas échéant.

I.3. PRELEVEMENT DES ECHANTILLONS DE SOLS

I.3.1. La région de prélèvement

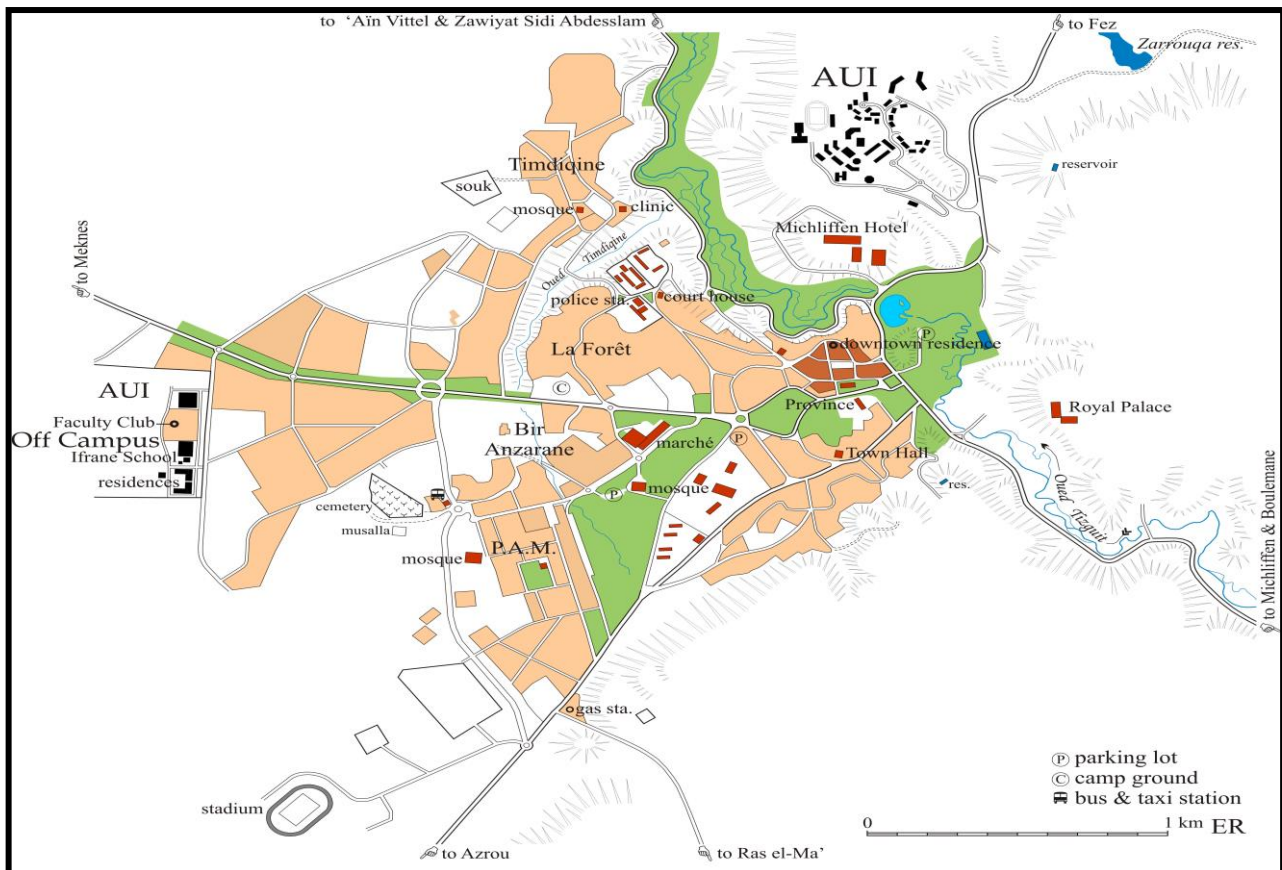


Figure I.6 : La carte géographique de la région d'Ifrane

Dans un verger de pommier de la région d'Ifrane, trois points A, B et C ont été choisis pour en prélever des échantillons destinés à être analysés au laboratoire. Dans chaque point, deux échantillons ont été prélevés correspondant à la profondeur 0cm-30cm, 30cm-60cm.

I.3.2. Le prélèvement (ou échantillonnage)

Le prélèvement d'un échantillon de sol est souvent la première étape du conseil agronomique en matière de fertilisation ou de l'expertise physique du sol. A cause de la



variabilité, tant spatiale que temporelle, des propriétés physiques et chimiques des sols, la qualité du prélèvement est une étape décisive pour la fiabilité du conseil.

En agriculture, comme dans bien d'autres domaines, il est impossible de mesurer une ou plusieurs caractéristiques sur l'ensemble d'un groupe ou d'une parcelle. En effet, il n'est pas envisageable de transporter la totalité de la terre de sa parcelle ou d'emporter tout son silo pour réaliser une analyse...

Remarque: Ne pas prélever après un apport d'engrais.

I.3.3-Echantillon représentatif

L'échantillon doit représenter le mieux possible le sol de la parcelle. Cela n'est pas facile mais nécessaire pour que résultats et conseils de fumure soient corrects. L'échantillon doit correspondre à une zone uniforme, d'une seule nature. En cas de terrain comprenant des zones de valeurs apparentes différentes, prélever par zones (un échantillon moyen aurait peu de signification).

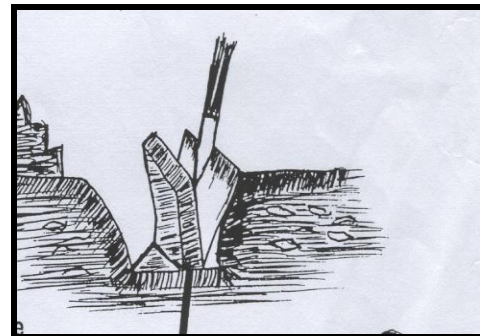


Figure I. 7: *Matériels du prélèvement.*

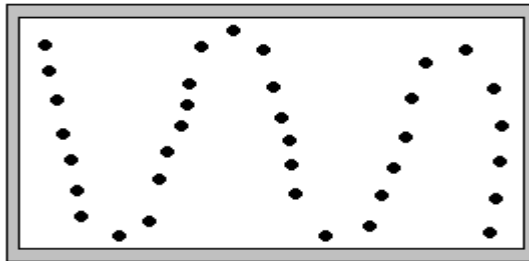
-Matériels :

- Tarière, Pelle ou Sape.
- Sauts propres.
- Sachets propres pour stockage des échantillons.
- Stylos et marqueurs.
- Fiche technique de prélèvements.

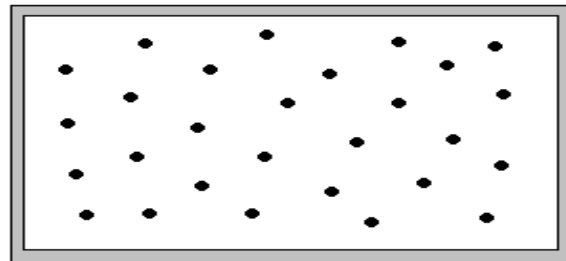
I.3.4. Localisation des prélèvements : répartition des sondages :

Il faut déterminer les endroits d'échantillonnage de la manière la plus aléatoire possible, en se déplaçant dans l'entièreté de la parcelle et qui peut être arpentée en "W" successifs, en serpentant ou en diagonale ou en zigzag.

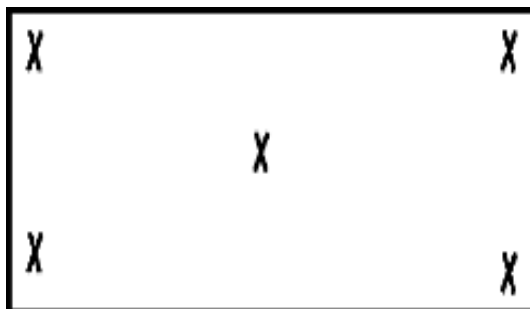
Les sondages doivent être bien répartis et au nombre d'au moins 10 par hectare, 5 au minimum pour les petits terrains.



Prélèvement en W.



Prélèvement en serpentant.



Prélèvement en diagonal.



Prélèvement en zigzag.

Figure I. 8 : Exemple de la répartition des prises individuelles qui composent l'échantillon.



-Petits conseils à respecter :

Il ne faut absolument pas échantillonner dans des zones particulières. Par exemple, on n'échantillonne pas : les entrées de parcelle, les bordures, sous les arbres, près des abreuvoirs, contre les haies, près d'un ruisseau, dans une bouse, sur un lieu de piétinement des animaux, dans un fond marécageux, dans une taupinière, sur un ancien lieu de stockage d'amendements ou de fumier...

I.3.5.Profondeur de prélèvement : sol et sous-sol

- Pour les cultures annuelles, on considère: le sol, de 2 à 25 cm (décaper la surface).
- Pour les arbres et la vigne, on considère: le sol, de 2 à 25 cm (dans un seau) le sous-sol, de 30 à 50 cm (dans un autre seau).
- Il arrive parfois que la profondeur de l'échantillonnage soit inférieure à celle recommandée (affleurement rocheux...). Il ne faut pas chercher à descendre plus bas ! Attention à ne pas mélanger la couche arable avec les horizons pauvres du sous-sol (différence de couleur), ces derniers doivent être écartés de l'échantillon.

I.4.METHODE DE SONDAGE

- A la tarière: enfoncer à la profondeur voulue, détacher la terre de carottage dans le seau.

I.4.1.Conditionnement

- La terre de chaque sondage est mise dans le seau «sol» ou dans le seau «sous-sol». Brasser, ne rien éliminer et mettre dans le sachet plastique 1 à 2 kg de terre, fermer et étiqueter (nom, parcelle, sol ou sous-sol).
- La terre dans le seau doit être correctement homogénéisée et débarrassée au maximum des gros débris (feuilles, pierres....). Il est préférable de ne pas essayer de retirer les herbes attenantes aux carottes car la terre collée à leurs racines fait partie intégrante de l'échantillon.

- Verser le seau ou environ 1 kg de terre bien homogénéisée dans un sac. L'idéal est de posséder des sacs de toile mais un sac de plastique propre peut très bien faire l'affaire. **Eviter au à tout prix d'amener les échantillons dans des sacs d'engrais ou d'aliments !** Il faut éviter aussi de laisser de la terre humide dans un sac plastique fermé hermétiquement. Si les échantillons ne sont pas conduits directement à la station d'analyse, il faut commencer par faire sécher la terre.



Figure I.9 : Les étapes de prélèvement conditionnement des échantillons de sols.

I.4.2. Identification

Chaque échantillon doit être clairement identifié par une référence. Celle-ci sera inscrite sur une étiquette accrochée au sac ou sur le sac lui-même à l'aide d'un marqueur indélébile. La parcelle, l'endroit de prélèvement et le nom du demandeur seront clairement identifiés.

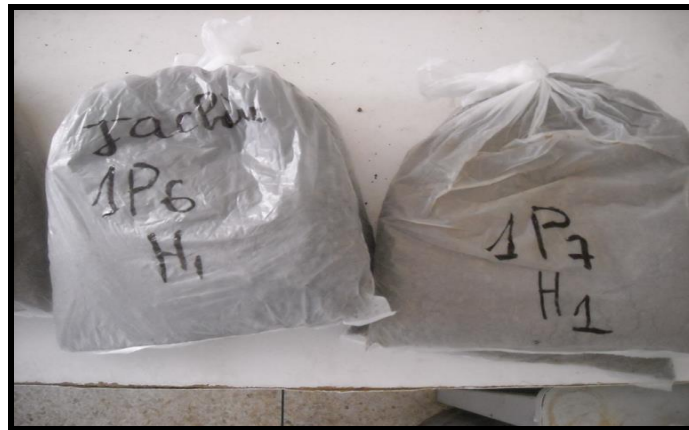


Figure I.10 : Identification des échantillons.

I.4.3.Fiche de renseignements

Il faut également remplir la fiche de renseignements qui accompagnera les échantillons. Ces fiches sont disponibles au laboratoire d'analyse. Une fiche correctement remplie permet de dégager des résultats plus complets. Les renseignements demandés sont généralement : la région agricole, la texture du sol, la superficie, le précédent cultural, la culture en place, la culture à venir, les objectifs de rendements... Plus la fiche de renseignements est complète, meilleur pourra être le conseil de fumure .

Donc, le prélèvement des échantillons constitue une opération très importante, car l'échantillon doit être représentatif de la composition et de la richesse du sol.

I.5. PRETRAITEMENT DES ECHANTILLONS DE SOLS : PREPARATION DE L'ECHANTILLON

I.5.1.Objet

Le présent mode opératoire a pour objet de décrire la méthode de préparation des échantillons de terre en vue de l'obtention de la terre fine.

I.5.2.Principe

Séchage de l'échantillon à 40°C, broyage et tamisage à 2mm.

I.5.3. Mode opératoire

-Echantillonnage

Lorsque l'échantillon de terre est trop volumineux, une homogénéisation est effectuée. Une partie suffisante représentative est gardée pour l'analyse. L'excédent est éliminé.

-Séchage

On met l'échantillon de terre dans un bac en aluminium et on le sèche à une température de 40°C pendant une nuit (à une température plus élevée, il y a risque de



Figure I.11 : Les bacs en aluminium.

refixation de certains éléments, et risque de volatilisation d'autres éléments.)



Figure I.12 : Séchage des échantillons dans le four.

-Broyage et pilonnage



Figure I.13 : Broyage et pilonnage de l'échantillon.

A la sortie de l'étuve, on broie l'échantillon avec passage forcé à travers une maille de 2 mm. Après homogénéisation, on garde l'échantillon de terre fine dans une boîte.

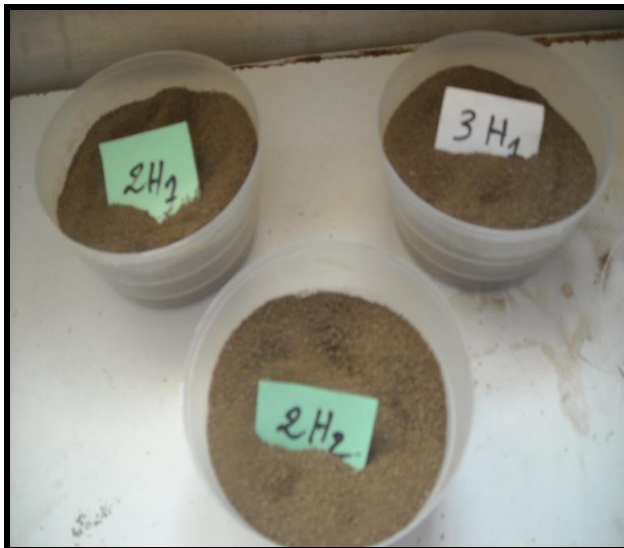


Figure I.14 : Les Tares ou les boîtes.

I.5.4.Calcul

Le pourcentage de cailloux ou particules supérieure 2mm, est obtenu par le calcul suivant :



$$\% \text{ de cailloux} = \frac{\text{poids des cailloux en g} \times 100}{\text{poids de l'échantillon séché à } 40 \text{ } ^\circ\text{C en g}}$$

I.6.EXPERIMENTATION : ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES DES SOLS

I.6.1.Du prélèvement à l'analyse

Les analyses de sol jouent un rôle important en production végétale ainsi que dans la gestion des éléments nutritifs. Elles constituent en fait le meilleur moyen de bien planifier les applications d'engrais pour les exploitations agricoles qui utilisent des engrais commerciaux comme source principale d'éléments nutritifs (**Figure I.15**).

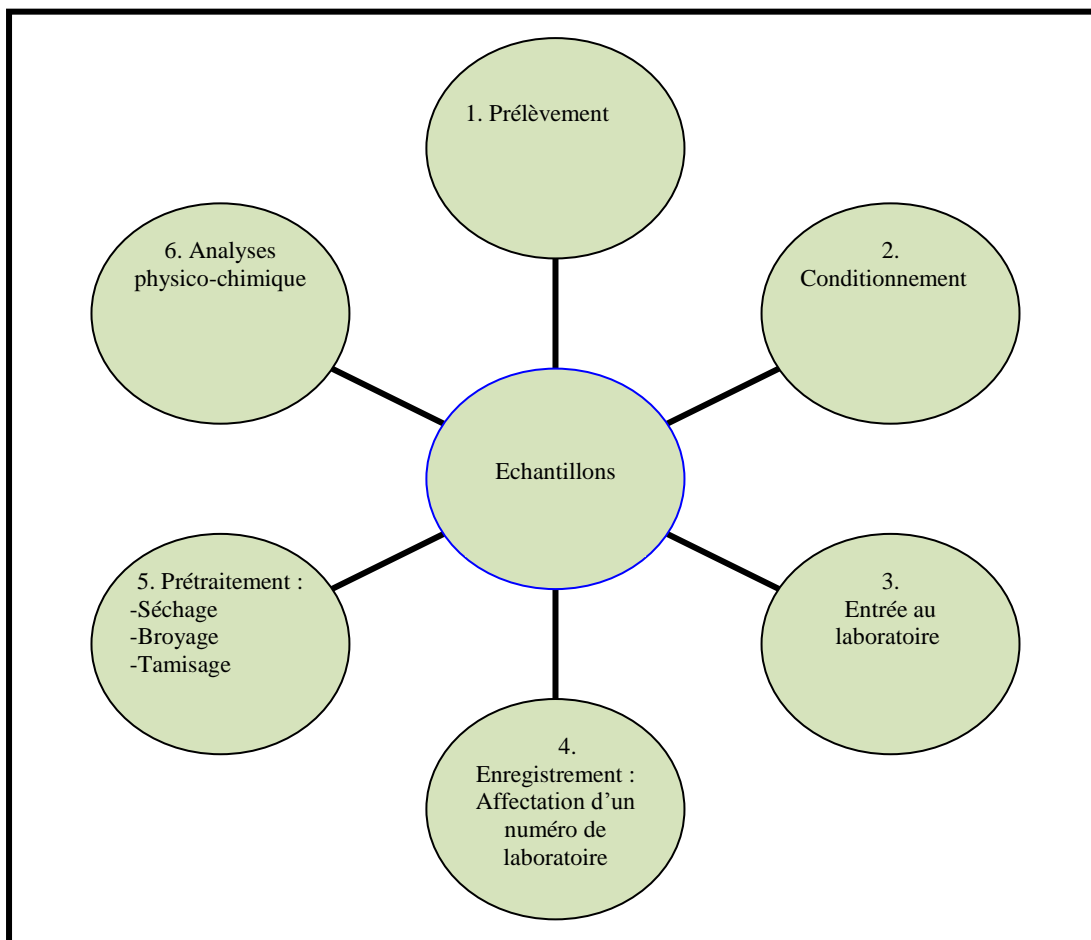


Figure I.15. Les étapes d'étude du sol



Il est particulièrement important, dans le cas des fermes d'élevage, de connaître la teneur initiale du sol en éléments nutritifs. C'est à partir de cette dernière qu'on peut alors dresser le plan de gestion des éléments nutritifs qui permettra de gérer adéquatement à la fois les éléments nutritifs que la ferme produit et ceux qu'elle reçoit sous forme de biosolides et d'engrais commerciaux.

Donc ces analyses ont pour but de connaître les propriétés physiques, chimiques et parfois biologiques du sol et de suivre l'évolution de la fertilité du sol.

L'analyse de sol se fait en trois étapes : d'abord le prélèvement d'un échantillon représentatif dans chaque champ ou parcelle, puis l'analyse de l'échantillon afin de connaître les quantités d'éléments nutritifs disponibles, et enfin, l'utilisation des résultats pour établir les doses optimales d'engrais. La tenue de registres fait partie intégrante du processus d'analyse de sol. Les registres permettent de vérifier si la teneur du sol en certains éléments augmente, diminue ou demeure stable.

Et il y a donc deux types de ces analyses :

L'analyse physique

Elle comprend trois déterminations principales : l'analyse granulométrique, le dosage du calcaire total, et le taux de matière organique.

Pourquoi ?

- Définir la nature du sol pour décider des différentes cultures à mettre en place sur l'exploitation.
- Choisir les techniques culturelles adaptées (travail du sol ; épandage des fertilisants etc.).

L'analyse chimique

Elle a pour but d'évaluer les quantités d'éléments nutritifs que le sol est capable de mettre à la disposition des plantes.

Elle comporte la détermination du pH, le dosage du phosphore, potassium et des autres éléments nutritifs, éventuellement du soufre et de certains oligo-éléments et la capacité d'échange cationique (C.E.C).



Une bonne connaissance du sol est indispensable pour mener à bien la fertilisation raisonnée.

I.6.2. Granulométrie (Texture de sols) : (NFX31-107)

I.6.2.1. But et Principe

Mise en suspension des particules minérales d'un échantillon de terre et stabilisation de cette suspension dans des conditions bien définies en particulier, destruction des agrégats.

Séparation des différentes classes de particules par sédimentation par gravité pour les fractions ($<50\mu m$) et par tamisage pour les fractions supérieures.

Prélèvement des fractions fines par la méthode de la pipette.

Pesé du résidu solide après évaporation du liquide.

I.6.2.2. Matériels et Méthode

-Matériels

- Agitateur rotatif.
- Balance de précision.
- Pipette de robinson.
- Tamis de 50 m et 200 μm .
- Burette de 50 ml.
- Capsules à fond plat.
- Epruvettes de 1L.
- Flacons en plastiques de 1L pour agitation.
- Thermomètre et chronomètre.
- Etuve de séchage.

-Réactifs

- Eau distille.
- Hexamètophosphate de sodium.

I.6.2.3. Mode opératoire

- On pèse 30g de terre fine séchée et tamisée à 2mm dans un flacon de 1L. Puis on mouille la terre avec environs 200 ml d'eau distillée.
- On ajoute 30 ml d'hexamétaphosphate de sodium et 250 ml d'eau distillée.
- On agite à l'aide d'un agitateur rotatif pendant 2h et on transvase dans une éprouvette de 1L et on complète à 1L avec l'eau distillée.
- Puis on agite à la main par renversement successif (environ 3min) pour optimiser les dispersions.

- On effectue un prélèvement à l'aide de pipette de robinson au bout de 4min 48s à 20 °C après Agitation et la mise en place de la pipette la couche de la suspension comprise entre la surface et 10 cm de profondeur ne contient plus que des particules de diam $< 0,02\text{mm}$ c'est-à-dire le Limon et de l'Argile.

La profondeur varie en fonction de la température de la salle.

On place l'éprouvette à sédimentation sous la pipette de Robinson 20 à 30°C avant la fin du délai de sédimentation, déterminé par la table en fonction de la température.

Au temps, voulu on aspire et on ouvre le robinet pour remplir doucement la pipette. On remonte la pipette et on vide le contenu dans une capsule tarée (Figure I.16).



Figure I.16 : Les prélèvements.

- Après, de la même façon que pour le premier prélèvement, mais après un délai environ 8 heures en fonction de la température de la salle.
- Après les prélèvements des fractions Limon-Argile et Argile, le contenu des éprouvettes est versé sur les tamis de 50 et 200 μm .
Le tamis 200 μm est placé sur le tamis 50 μm .
Un rinçage soigneux est effectué par jet d'eau, le contenu de tamis est également rincé par jet d'eau puis récupéré à l'aide d'une pissette dans les capsules numérotées.
- On évapore à sec et on sèche à l'étuve à 105 °C.
- Après séchage, les résultats de sables sont pesés. Les résultats obtenus sont multipliés par 100/30 pour les ramener en % de terre sèche.



Figure I.17 : La pesée des tares.

I.6.2.4. Expression des résultats

-Calcul du % de Limon fin :

$$\% \text{ Limon} = (p - p') \times 50 \times 3,33$$

p : poids de l'Argile +Limon.

p' : poids d'Argile.



50 : rapport 10000ml /20ml.

3,33 : rapport 1 à 30g (100 pour ramener les résultats final à 100g. 30g : prise d'essai de sol).

-Calcul % d'Argile :

$$\% \text{Argile} = (p' - \text{surchage d'hexamètophosphate de sodium}) \times 50 \times 3,33$$

-Calcul % de sable

$$\% \text{sable fin} = (\text{poids de la tare avec résidu} - \text{poids de la tare}) \times 3,33$$

$$\% \text{sable grossier} = (\text{poids de la tare avec résidu} - \text{poids de la tare}) \times 3,33$$

1.6.2.5. La classification texturale du sol (Triangle de textures)

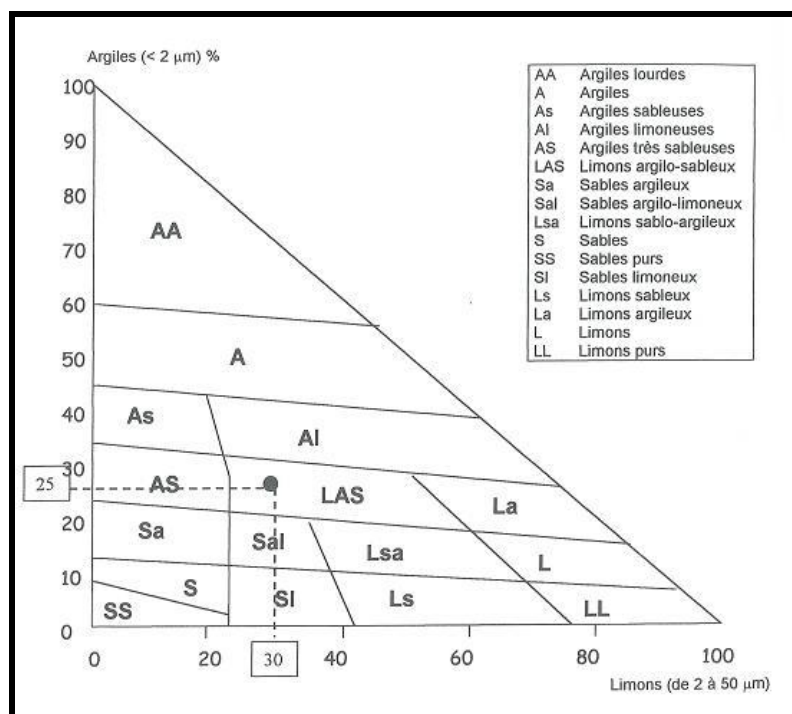


Figure I.18. Triangle des textures

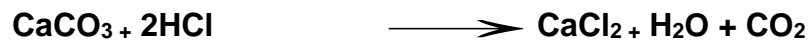


I.6.3. Calcaire Total : (NFX 31-105)

La détermination du carbonate de chaux total permet une classification des sols en différentes catégories : sols non calcaire, calcaires, franchement calcaires.

I.6.3.1. But et Principe :

Evaluation du pourcentage de CaCO_3 par la mesure volumétrique du CO_2 dégagé à une température et une pression donnée, permet le calcul du pourcentage de CaCO_3 selon la réaction suivante :



I.6.3.2. Matériels et Méthode :

- Calcimètre.
- pilulier en verre à col large.
- tubes de 5 ml en plastique s'attachant aux piluliers.
- spatule, pissette, balance, Becher, eau distillée et eau de robinet.

-Réactifs

- HCl ½

Dans le fiole de 2L :

- verser 750 ml d'eau distillée.
- puis avec précaution et sous la hotte d'aspiration.



Figure I.19 : La Hotte aspirante.

- Ajouter 1L d'HCl concentré.
- Après refroidissement, jauger et agiter.
- Carbonate de calcium (pour analyse) : CaCO_3 .
- Eau distillée.

-Mode opératoire :

Préparation des échantillons

La mesure de CaCO_3 total est réalisée sur la terre pilonnée finement et tamisée à 315 μm . On fait d'abord un test d'effervescence avec une pincée de l'échantillon de terre fine et pilonnée. Le poids de la prise d'essai de l'échantillon varie de 0.25 à 5 g selon l'effervescence observée dans HCl. Plus l'effervescence est importante plus la prise d'essai doit être faible, puis on pèse les masses de terre adéquate dans les piluliers.

Préparation de la mesure

On mouille légèrement la terre pesée dans les piluliers avec une pissette remplie d'eau distillée. On remplit les tubes au 2/3 avec du HCl 1/2 et les met dans les piluliers, sans les renverser sur l'échantillon de terre. On met le robinet en position vertical et on bouche les piluliers. On verse l'acide sur l'échantillon de terre et simultanément à l'aide de



robinet de vidange on maintient le niveau d'eau dans le tube non gradué et on agite pendant 15 min. On équilibre en permanence les niveaux d'eau dans les deux tubes et après stabilisation du volume de gaz dégagé, on note le volume dégagé (**Figure I.19**).



Figure I.20 : Calcimètre de Bernard.

-Expression des résultats :

$$\% \text{CaCO}_3 = (\text{masse de CaCO}_3 \text{ en g} \text{ fois } 100 / \text{vol de CaCO}_3 \text{ en ml}) \times (\text{volume d'écha en ml} / \text{masse d'ech en g}).$$

Normes

- <1%horizon non calcaire.
- 1 à 5%.....horizon peu calcaire.
- 5 à 25%.....horizon modérément calcaire.
- 25 à 50%.....horizon fortement calcaire.
- 50 à 80%.....horizon très fortement calcaire.
- >80%.....horizon excessivement calcaire.



I.6.4. Analyses pH eau, pH kCl : (AFNOR X31-103/AFNOR X31-104)

I.6.4.1. But et Principe

Mesure électrométrique du pH au moyen d'une électrode combinée.

-Matériel

- Balance.
- pH mètre.
- Pissette et flacons ou Erlen de 100ml.
- Agitateur magnétique.
- Le sol séché.

-Réactifs

- Eau distillée.
- les étalons.
- pH 4, pH7 et pH9.
- chlorure de potassium KCl.

I.6.4.2. Mode opératoire

-Extraction :

- Dans un Erlen on pèse 10g de l'échantillon de sol séché et on ajoute 25ml de l'eau distillée.
- On agite jusqu'à l'homogénéisation puis on le laisse pendant une nuit et on mesure le pH
- En parallèle, on ajout 25 ml de chlorure de potassium.



Figure I.21 : Mesure du pH du sol a l'aide de pH mètre.



-Expression des résultats

Tableau I.1 : Classification des sols en fonction du PH

Valeur du pH	Qualification du sol
<à5	Fortement acide
Entre 5 et 6	Franchement acide
Entre 6 et 6.6	Légèrement acide
Entre 6.6 et 7.4	Neutre
Entre 7.4 et 7.8	Légèrement alcalin
> à 7.8	Alcalin

I.6.4.3. Matière Organique : (NFX 31-109) :

I.6.4.3.1. But et principe

Oxydation de la matière organique d'un échantillon de terre pour essai dans des conditions bien définies, par une quantité en excès de potassium en milieu sulfurique à 135°C.

Dosage spectrométrique des ions chromiques Cr^{3+} formés. La teneur en Matière Organique est évaluée par le carbone organique ainsi déterminé.

I.6.4.3.1. Matériels et Méthode

- spectrophotomètre monofaisceau.
- Agitateur vortex.
- Digesteur.
- Tubes à minéralisation jaugée à 75 ml.
- pissette.
- flacons en plastique de 150 ml pour filtration.
- Entonnoirs en plastique de 100 ml.
- Fiole jaugée de 100 ml.



- Papier filtre bande bleue diam.150 mm.

-Réactifs :

Solution dichromate de potassium ($K_2Cr_2O_7$) à 8 % :

Dans une fiole de 1L :

- peser 80 g de bichromate de potassium.
- dissoudre à chaud dans 1L d'eau distillée.
- Jauger et agiter.

Tableau I. 2 : Gamme d'étalonnage :

Points gamme			Solution de ($K_2Cr_2O_7$) à 8%	mg de C dans 5 ml	%C	%MO
	Anhydre	Hydraté				
T ₀	0	0	Dissoudre le glucose dans 100ml	0	0	0
T ₁	0,125	0,137		2,5	0,5	0,862
T ₂	0,250	0,275		5,0	1,00	1,724
T ₃	0,500	0,550		10,0	2,00	3,445
T ₄	0,750	0,825		15,0	3,00	5,172

-Mode opératoire :

Préparation des échantillons

Dans un tube de minéralisation, introduire 0,5 g de terre pilonnée et tamisée à 325 μ m.

Ajouter :

- 5 ml de solution de bichromate de potassium à 8%.
- 7,5 ml d'acide sulfurique concentrée.

Préparation des étalons :

Dans un tube de minéralisation : pipeter 5 ml des étalons T_0 à T_4 .

Ajouter :

- 7,5 ml d'acide sulfurique.
- Homogénéiser à l'aide d'un agitateur vortex.



Figure I.22 : Agitation du mélange à l'aide d'un agitateur vortex.

Puis :

- Vérifier la température du digesteur (elle doit être à 135°C).



Figure I.23 : Le Digesteur.

- *placer immédiatement le portoir dans le bloc chauffant.*
- *laisser réagir exactement 30 mn.*
- *Retirer le portoir du bloc.*
- *Ajouter environ 50 ml d'eau distillée.*
- *Refroidir les tubes dans un bain d'eau.*
- *Les tubes étant à une température ambiante, ajuster à 75 ml, homogénéiser.*

-Filtration :

Une fois ajuster, les tubes sont mis au repos pendant une nuit. Après, on procède à une filtration pour chaque tube sur papier filtre diam 150 mm, les filtrats sont recueillis dans des erlens de 100 ml.



Figure I.24 : La filtration.

-Dosage colorimétrique

- *Allumer le spectrophotomètre 15 mn avant les mesures.*
- *Régler la longueur d'onde à 587 nm.*
- *Sélectionner le mode « **ABSORBANCE** ».*

-Lecture :

- Verser dans la cuve du spectrophotomètre le point T_0 de la gamme d'étalonnage.
- Amener la lecture de l'absorbance à ZÉRO.
- Verser un à un les autres points de la gamme soit T_1 à T_4 .
- Noter la densité optique affichée.
- Mesurer le blanc de la série, puis les échantillons.



Figure I. 25 : La lecture à l'aide du spectrophotomètre.

Expression des résultats :

Le calcul détermine la concentration en matière organique exprimée en % de terre fine.

Le coefficient de conversion du taux de carbone en taux de matière est de : 1,724.



$%M = \text{Léch.Coefficient.}$

$%C = \%M / 1,724.$

- *L'éch* : absorbance de l'échantillon, coefficient : $(C_i/L_i) / 4.$
- *C_i* : concentration, *L_i* : absorbance de la gamme et
- *i* : c'est le nombre de point de la gamme.

Normes :

MO > 1.5% sol moyennement riche.

MO 1 à 1.5% sol moyen.

MO < 1% sol pauvre.

-De bonnes teneurs en MO coïncident avec les taux d'argile ci-dessous :

0 à 10% d'argile.....1.5 à 2% MO

0 à 30% argile2 à 2.5%MO

>30% argile.....2.5 à 3%MO



II. RESULTATS ET INTERPRETATION

II.1.GRANULOMETRIE

-Les résultats

Tableau II.1. Les mesures d'analyse granulométrique

	Echantillon	Profondeur	% A+L	% A	% L.F	% S.F	% S.G	% L.G	% L.T	% S.T
Points A	E1	0cm-30cm	70,93	34,23	36,7	4,75	6,33	17,99	54,68	11,08
	E2	30cm-60cm	85,93	49,57	36,36	4,09	9,92	0,05	36,42	14,02
Points B	E3	0cm-30cm	69,33	14,24	55,09	9,86	9,67	11,14	66,24	19,53
	E4	30cm-60cm	59,57	22,71	36,86	6,53	15,75	18,15	55,01	22,28
Points C	E5	0cm-30cm	48,77	17,95	30,82	14,62	19,26	17,35	48,17	33,89
	E6	30cm-60cm	68,08	27,92	40,16	10,39	13,25	8,28	48,44	23,64

Tableau II.2. Les textures des échantillons étudiés

Echantillon	Texture
E1	A.L
E2	A
E3	L
E4	LAS
E5	LSA
E6	LAS

-Interprétation :

Le pommier préfère le sol sain et profond silico-argilo-limoneux avec un sous sol perméable.

La teneur en argile dans les sols étudiés varie entre 14,24% et 49,57%. Dans ces conditions la migration en profondeur des éléments nutritifs est lente et les pertes par lessivage peu risquées.

Les sols étudiés donc plus ou moins favorable a la culture du pommier.



II. 2. CALCAIRE TOTAL

-Les résultats

Tableau II.3. Les mesures du calcaire total

	Echantillon	Profondeur	Masse en g	V.de CO ₂	% de CaCO ₃	Observation
Points A	E1	0cm-30cm	4	15	1,6	horizon peu calcaire
	E2	30cm-60cm	4	15,2	1,63	horizon peu calcaire
Points B	E3	0cm-30cm	4	10	1,07	horizon peu calcaire
	E4	30cm-60cm	4	7,2	0,72	horizon non calcaire
Points C	E5	0cm-30cm	0,25	35,4	60,77	horizon très fortement calcaire
	E6	30cm-60cm	0,25	35,8	61,46	horizon très fortement calcaire

-Interprétation

Le calcaire total est présent en des proportions variables avec des valeurs peuvent être parfois très élevées (c'est le cas des échantillons (5) et (6)). Il y a des échantillons contiennent un peu de calcaire (c'est le cas des échantillons (1), (2), (3)). Et l'échantillon (4) non calcaire.

Plus le taux de CaCO₃ total est abondant dans le sol, plus il y a un risque de blocage des éléments traces et du phosphore ; donc il faut contrôler le taux du calcaire dans le sol.

II. 3. pH H₂O, pH KCl:

-Les résultats

Tableau II.4. Les mesures du pH

	Echantillon	Profondeur	pH H ₂ O	ph KCL
Points A	E1	0cm-30cm	7,39	6,91
	E2	30cm-60cm	7,34	6,9
Points B	E3	0cm-30cm	7,36	7,14
	E4	30cm-60cm	7,35	7,18
Points C	E5	0cm-30cm	7,9	7,84
	E6	30cm-60cm	8,04	7,99



-Interprétation

Le pH varie entre 7,34 et 8,04, indiquant que le sol est neutre(E2) à alcalin(E6). Alors que le pommier s'adapte avec le sol acide donc il faut corriger le pH du sol. Ceci est difficile dans un calcaire.

II. 4.MATIERE ORGANIQUE

-Les résultats :

Tableau II.4. Les solutions de la gamme d'étalonnage

	Concentration	Absorbance
S0	0	0
S1	0,862	71
S2	1,724	135
S3	3,448	264
S4	5,172	310

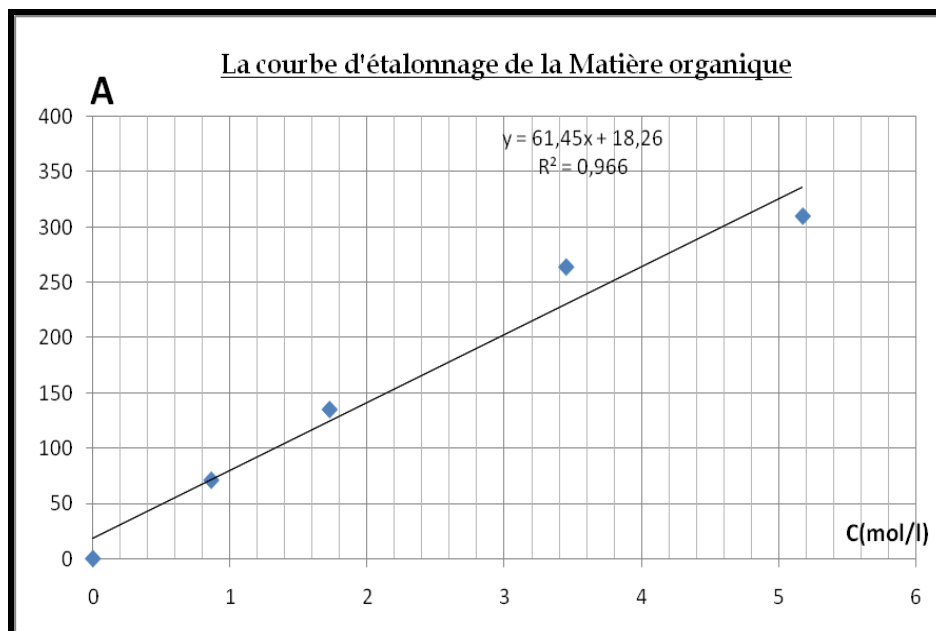


Figure II.1. La gamme d'étalonnage



Tableau II.5. Les mesures du carbone et matière organique

	Echantillon	Profondeur	Lecture	% C	% MO
	Blanc		0	0	0
	Témoin		144	1,13596288	1,9584
Points A	E1	0cm-30cm	258	2,03526682	3,5088
	E2	30cm-60cm	218	1,71972158	2,9648
Points B	E3	0cm-30cm	280	2,20881671	3,808
	E4	30cm-60cm	136	1,07285383	1,8496
Points C	E5	0cm-30cm	121	0,95452436	1,6456
	E6	30cm-60cm	93	0,73364269	1,2648

-Interprétation

Le taux de matière organique est généralement moyen à riche, la teneur est comprise entre 1,2648% et 3,808%. Si le taux d'argile est >30% donc les réserves de MO doivent être comprises entre 2.5 et 3%(E1, E2, E3). Or le taux de MO est inférieur à cette valeur (E4, E5, E6) donc il faut apporter la MO au sol.

Plus la teneur de MO est élevée, plus le sol présente des potentialités de production plus importantes ; elle améliore les propriétés physiques (structure, porosité, circulation de l'eau et de l'air, capacité de rétention en eau) et chimique (capacité d'échange cationique, fixation réversible d'anions, libération d'oglio-éléments en se décomposant dans les sols).



CONCLUSION

Les résultats et les explications obtenus en ce qui concerne l'analyse des sols agricoles prélevés à partir d'un verger de pommier situé à la région d'Ifrane.

m'a permis d'en déduire que la texture de ces sols plus ou moins comparables et favorable pour la culture des pommiers.

Le pH est alcalin qu'il faut le corriger par ce que la culture des pommiers favorisent les sols acides. Ceci est difficile dans des sols qui contiennent beaucoup de calcaire.

Concernant la matière organique ; les échantillons E1, E2, E3 contiennent des teneurs suffisantes en matière organique par contre, il faut apporter de la matière organique aux échantillons E4, E5, E6.



Références

- Mémoire de fin d'étude : stage d'agriculture réalisé par Mahwachi Sahbi esam - technicien supérieur 2008 (www.memoireonline.com).
- Le laboratoire agronomique de Normandie(LANO) (<http://www.lano.asso.fr>).
- Wikipédia.

Rapport-gratuit.com 
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES