



**UNIVERSITE SIDI MOHAMED BEN ABDELLAH
FACULTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES DE FES**



DÉPARTEMENT DE BIOLOGIE

Filière

LICENCE SCIENCE & TECHNIQUE

**OPTION : BIOTECHNOLOGIE ET VALORISATION
DES PHYTORESOURCES**

(Semestre 6)

Module: Projet de Fin d'Étude

Titre du mémoire

**ANALYSE PHYSICO-CHIMIQUE DU SOL D'UNE
PARCELLE DE VIGNE**

Présenté par : AIT AHMED Ahmed

Encadré par : Pr. RACHIQ Saâd

Soutenu le 15 /06/2015 devant la commission d'examen :

Pr RACHIQ Saâd Professeur à la Faculté des Sciences et technique, Fès, Encadrant

Pr FADIL Fatima Professeur à la Faculté des Sciences et technique, Fès, Examineur

Pr C.HARROUNI Professeur à l'institut agronomique et vétérinaire, Agadir, Encadrant

Année universitaire : 2014/2015

Remerciement

Je tiens à remercier vivement Monsieur C. HARROUNI de m'avoir accueilli comme stagiaire au sein de laboratoire eau- sol- plante pour effectuer mon stage de fin d'étude, Et de m'offrir la possibilité d'acquérir une expérience très enrichie.

Je remercie tous les fonctionnaires d'IAV CHA notamment M.DOULHOUSN pour ses précieuses explications qui ont éclairé mon chemin de la recherche.

Je voudrais remercier également chaleureusement Mr S. RACHIQ pour m'avoir encadré durant la période de mon stage et pour ses conseils, ses remarques et sa collaboration dans l'accomplissement de ce modeste travail.

Mes remerciements les plus sincères sont envoyés au professeur FADIL FATIMA qui a bien voulu corriger, examiner ce mémoire.

Et mon sincère remerciement à Mr ELHOUSSAINI, Mr SALAH DINE Mme AZIZA et Mme AMINA et mes collègues, et à tous les amis stagiaires d'IAV CHA.

Mes sincère remerciement aussi à tous les professeurs qui nous ont enseignés et qui par leur compétences qui nous a soutenu pour la poursuite de nos études

Sommaire

LISTE DES ABREVIATIONS
Introduction	1
Première partie : Etude bibliographique.....	2
1. La texture et la structure de sol :.....	2
2. Les étapes de la formation d'un sol.....	3
3. pH et Conductivité Electriques	4
4. Mécanisme au développement de la vigne.....	5
5. Echantillonnage :	7
Deuxième partie : Matériel et méthodes	9
I. ANALYSE PHYSIQUE.....	10
1. La granulométrie	10
II. ANALYSE CHIMIQUE.....	11
1. Mesure de pH	11
2. Mesure de la conductivité.....	11
3. Le carbone et la matière organique.	12
5. Phosphore assimilable.	14
6. Les éléments : potassium, sodium, calcium, magnésium.	15
7. Oligoélément (Zn, Fe, Cu, Mn).....	15
8. Calcaire total	16
9. Calcaire actif.....	16
Troisième partie : Résultats et discussions	18
Conclusion	21
BIBLIOGRAPHIE	22

LISTE DES FIGURES.

Figure 1: Photo Pipette de Robinson.

Figure 2 : les tamis de 50 et 200 μm

Figure 3: Photo d'un pH-mètre.

Figure 4 : photo d'un Conductimètre.

Figure 5: dosage de la matière organique par FeSO_4^{2-}

Figure 6 : Photos du dosage de la matière organique.

Figure 7 : extraction et l'agitation de phosphore.

Figure 8 : Photo montre le dosage de phosphore assimilable.

Figure 9 : les dilutions des oligoéléments.

Figure 10 : spectrophotomètre.

Figure 11: Photo de la décomposition de carbonate de calcium par un acide fort.

LISTE DES TABLEAUX.

Tab.1 - classement des sols en fonction de leurs caractéristiques chimiques.

Tab.2 - classement des sols en fonction de pH et CE.

LISTE DES ABREVIATIONS

KCL : Chlorure de potassium

CaCl₂ : chlorure de sodium

NaF: fluorure de sodium

PH : potentiel d'hydrogène

K₂CrO₇ : bichromate de potassium

H₂SO₄ : Acide sulfurique

FeSO₄ : sulfate ferreux (sel de Mohr)

H₃PO₄ : Acide phosphorique

BaCl₂ : Chlorure de baryum

M.O : matière organique

C .O : carbone organique

CE : La conductivité électrique

P : phosphore

D.O : densité optique

NaCO₃ : bicarbonate de sodium

C₂H₃NaO₂ : Acétate de sodium

C₂H₇NO₂ : Acétate d'ammonium.

Zn, Fe, Cu, Mn : Zinc, Fer, Cuivre, Manganèse.

Na⁺ K⁺ Ca²⁺ Mg²⁺ : potassium, sodium, calcium, magnesium.

DTPA : acide diéthylène triamine penta acétique

E:Echantillon

g : gramme (unité de masse)

Introduction

Le sol est la formation naturelle de surface à structure meuble et d'épaisseur variable, résultant de la transformation de la roche-mère sous-jacente sous l'influence de divers processus, physiques, chimiques et biologiques. Constitué de plusieurs éléments nutritifs essentiels pour accomplir le cycle de croissance de la plante, et parmi ces éléments trois en quantités importantes : l'azote (N), le phosphore (P) et le potassium (K). L'azote est l'élément le plus important. Les besoins, c'est-à-dire les quantités d'azote prélevées dans le sol par les plantes.

Les symptômes d'une carence en un élément dépendent en partie du rôle de cet élément dans la plante. Par exemple, une carence en magnésium, constituant de la chlorophylle, provoque un jaunissement des feuilles = chlorose.

La qualité du rendement de la plante et sa croissance sont dues aux diverses contraintes abiotiques parmi lesquelles le froid, la sécheresse, la pauvreté du sol. Pour éviter cette dernière il est nécessaire de passer par une étude du sol.

L'objectif de cette étude est d'analyser les paramètres physico-chimiques du sol prélevé au sein d'une parcelle de vigne.

Ce travail a été entrepris dans le cadre d'un projet de fin d'étude, licence science et technique à la **Faculté des Sciences et Technique de Fès.**, il est effectué au sein du laboratoire des analyses de l'eau et du sol de **l'Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II au complexe horticole d'Agadir (CHA).**

Première partie : Etude bibliographique

Le sol est la couche superficielle meuble de l'écorce terrestre dans laquelle se développent les racines des plantes. C'est un milieu triphasique constitué d'une phase solide, une phase liquide et une troisième phase gazeuse.

La phase solide composée de 2 sortes d'éléments :

- des éléments minéraux composé de sables grossiers et fins, limons, argile...ces éléments proviennent de la dégradation et l'altération de la roche mère.
- des éléments organiques ou MO proviennent de la décomposition et métabolisme d'êtres vivant végétaux, animaux et microbien.

Une phase liquide composée d'eau dans laquelle est dissoute des substances solubles, provenant de l'altération de la roche mère, décomposition des MO et des apports par l'homme.

Une phase gazeuse composé de l'air et des gaz provenant de la décomposition des MO.

Ces trois phases sont variables d'un sol à l'autre, et ne sont pas forcément présents dans chaque sol. Il existe par exemple des sols sans calcaire, d'autres presque dépourvus de MO. (5)

1. La texture et la structure de sol :

Les principales caractéristiques du sol sont définies par la texture et la structure. La texture de sol se définit par ses proportions relatives en argile, limon, sable fin, sable grossier, se mesure par l'analyse granulométrique de la fraction solide.

L'analyse granulométrique consiste à exprimer et séparer la distribution des particule minérale de la terre en catégorie classé d'après la dimension des particule minérales inférieur à 2 mm , et les proportion de ces trois catégories , argile , limon , sable, permettent de définir la texture par référence à un diagramme triangulaire.

Les limites des classes et leur dénomination sont les suivant :

-Argile	0 - 2 μm
-limon fin	2 – 20 μm
-limon grossier	20 – 50 μm
-sable fin	50 – 200 μm
- sable grossier	200 – 2000 μm

La structure du sol est le mode d'assemblage des particules (constituants solides) qui le composent, à un moment donné. Elle conditionne une propriété, la porosité, qui est un facteur important de la perméabilité.

2. Les étapes de la formation d'un sol.

1^{re} étape : la désagrégation et l'altération de la roche :

Un sol provient de la décomposition d'une roche, que l'on appelle pour cette raison une roche mère. Remarquons qu'il peut s'agir aussi bien d'une roche dure (granite schiste..) que d'une roche tendre (argile..) ou d'une roche meuble (sable, éboulis..).

L'intensité de la dégradation physique et de l'altération chimique dépende du climat, véritable moteur de la formation des sols.

Le résultat de ces désagrégations et altération est d'abord un mélange,

- de minéraux plus ou moins désagrégés mais encore non altérés :
 - blocs de pierre et graviers
 - grains de sables et poudre de limon
- d'une sorte de pâte, le complexe d'altération provenant de l'altération chimique des minéraux :
 - pâte d'argile, colorée par des oxydes de fer
 - sels de calcium, de magnésium, de potassium, de sodium.... Sous des formes plus moins solubles.

Mais on ne peut pas encore parler de sol.

2^{re} étape: l'enrichissement en matière organiques :

Le sol ne prend naissance que lorsqu'à ces constituants minéraux s'ajoutent des constituants organiques, c'est-à-dire provenant d'organismes végétaux et animaux. Les débris organique surtout végétaux aboutissent à la formation de substances noire plus ou moins pâteuses, réunies sous le nom d'humus. L'humus est issu de la décomposition progressive des résidus de culture, et des végétaux, animaux et autres organismes biologiques vivants dans le sol (acariens, champignons, microfaune, microflore...). C'est une matière souple et aérée, absorbe et retient bien l'eau, c'est la partie biologiquement le plus active dans le sol.

3^e étape : les migrations de substances font évoluer le sol :

Dans ce sol encore jeune et qui continue à s'approfondir, les mouvements de l'eau vers le bas et vers le haut vont faire aux éléments solubles et colloïdaux (sels de calcium, oxydes de fer, argile, humus), des déplacements appelés migrations :

- les déplacements vers le bas constituant le lessivage, et dominant sous climat à forte pluviométrie.
- Les déplacements vers le haut, ou remontées, dominant au contraire sous climat à forte évaporation.

L'intensité de ces migration dépend de nombreux facteurs, parmi lesquels la pluviométrie, la teneur du sol en calcium, et la nature de l'humus formé.

Ces déplacements sont à l'origine de la formation d'horizons lessivés ou appauvris et d'horizons d'accumulation d'argile, d'humus ou d'oxydes de fer.

Ces trois étapes de la formation du sol expliquent qu'il soit possible de rencontre 2 grands types de sols :

Des sols jeunes ou peu évolués, peu profonds ou du moins peu différents de la roche-mère dont ils proviennent et constitués d'un seul horizon.

Des sols évolués, généralement plus profonds et dont le profil présentera une succession d'horizons, les uns lessivés, les autres enrichis.(4)(5)

3. pH et conductivité électriques :

La conductivité électrique est un indice des teneurs en sels soluble dans la solution, c.-à-d. son degré de salinité. La conductance d'une solution s'accroît au fur à mesure que les concentrations en cation et anion, porteur de charge électrique, augmentent.

Le sol présent un pH compris entre 2 et 10. Le pH du sol est la mesure de l'activité des ions hydrogène ou de leur concentration dans la solution du sol. Tous les éléments du sol sont plus assimilables dans des pH qui s'approchent de la neutralité. Le meilleur exemple est le phosphore. Dans les sols acides, le phosphore se complexe avec le Fer et devient insoluble. Dans les sols basiques, il se complexe avec le calcaire. Il peut donc avoir du phosphore dans le sol, mais ce phosphore est non-prélevable. Il devient soluble et donc assimilable dès que le pH est ajusté vers la neutralité.

Dans l'agriculteur la valeur optimale du pH varié d'une plante à l'autre, il y a une relation étroite entre l'assimilation de chaque élément nutritif, oligoélément, élément majeur

et le pH par exemples : K, N sont absorbés difficilement que le pH s'abaisse. La capacité d'assimilation du Cu, Zn, Mg diminue progressivement du pH=4 au pH=8.

En générale la capacité Max de la plupart des métaux se trouve dans la zone des PH légèrement acide, au dessus de pH=7 la capacité d'assimilation commence à décroître. (8)

Le rôle général du sol

- Le support de la plante : il doit remplir certaines conditions de stabilité d'aération, et de perméabilité.
- source de la nourriture de la plante : contient les substances minérales nécessaires à l'alimentation des végétaux en quantités et en qualités suffisantes.

4. Besoins en éléments nutritifs de la vigne :

La vigne, pour se développer, a besoin de quinze éléments nutritifs : les macroéléments (azote, calcium, potassium,...) et les oligo-éléments (fer, zinc, bore,...).

Les macroéléments

Le phosphore est un élément majeur des tissus végétaux, constituant les acides nucléique, les phosphoglycérolipides de l'ATP et de plusieurs enzymes. Il joue en particulier un rôle essentiel dans la mise en place du système racinaire, la photosynthèse et la reproduction du végétal.

Connaître la teneur du sol en phosphore assimilable est indispensable pour optimiser au plan agronomique et économique la fertilisation complémentaire en fonction des besoins du sol et des cultures et maintenir durablement sa fertilité phosphatée.

Le potassium est un cation libre dans les cellules de la plante. Il sert à réguler la croissance de la plante. Il est absorbé sous forme d'ions K^+ . La carence en potassium, se manifeste par une croissance réduite et un jaunissement des limbes. Cette carence peut être corrigée par l'apport d'engrais potassiques.

Le sodium favorise la croissance générale des plantes. Il est absorbé par les racines de la plante sous forme d'ions Na^+ .

Le calcium est un constituant des parois cellulaires. Il assure le développement normal du système racinaire. Il est absorbé sous forme d'ions Ca^{2+} .

Le magnésium est un constituant de la chlorophylle. Il est absorbé sous forme d'ions Mg^{2+} . La carence en magnésium se manifeste par une chlorose sur les feuilles.

Les oligoéléments (Zn, Fe, Cu, Mn).

Les oligo-éléments sont des éléments minéraux nécessaires à la vie des plantes, mais en quantités très faibles. Ils peuvent provoquer par leur absence, des anomalies structurelles et physiologiques.

Le fer : contribue à la synthèse de la chlorophylle, constitue de nombreux enzymes, son absence provoque une chlorose ferrique.

Le zinc : entre dans la constitution des enzymes nécessaires à la formation d'auxine. Agit sur la croissance des plantes.

Le Cuivre : constitue de plusieurs enzymes d'oxydoréduction, joue un rôle dans la photosynthèse, la carence en cuivre entraîne le ralentissement de la croissance.

Le Manganèse : aide à la synthèse des acides aminés, indispensable à la croissance, sa carence provoque une chlorose.

La matière organique.

La matière organique joue un rôle important dans la fertilité des sols, augmente la capacité à retenir les éléments nutritifs biodisponibles. Une concentration suffisante de la matière organique est indispensable pour que le sol soit meuble et qu'il puisse retenir l'eau.

Rôle physique : améliorer la structure du sol

Désagrégation de l'argile dans les sols compacts,

Donne de la cohérence aux sols sableux et légers,

Augmenter la capacité de rétention de l'eau (15 fois son volume),

Réchauffement du sol,

Facilite la croissance des racines et améliore la résistance du sol au compactage,

Réduit l'évaporation de l'eau.

Rôle chimique : retienne et facilite l'absorption des éléments nutritifs,

Réduit la salinité en séquestrant du CO₂ par oxydation et favorisent la photosynthèse.

Rôle biologique : sources d'éléments nutritifs et de biostimulants

Stimule la microflore du sol,

Aide au développement des colonies microbiennes,

Stimule le développement racinaire

Améliore les processus énergétique des plantes.

5. Echantillonnage :

L'analyse du sol est un ensemble d'opérations successives physique, chimique, ont un rôle très important dans l'augmentation de rendement d'une culture végétale, mais avant de développer ces types d'analyses, il faut en première lieu que l'échantillon soit bien représentatif de la parcelle étudiée, et par conséquent qu'il soit prélevé d'une façon correcte sinon l'analyse n'a aucun sens et peut même dans certains cas induire le cultivateur en erreur.

Le prélèvement des échantillons de terre sur le terrain varie selon le domaine, le but des analyses : domaine de recherche ou de caractérisation d'un type de sol à l'aide de profil de référence. Domaine de l'agronomie, lors de la caractérisation de la fertilité d'une parcelle dans un système d'exploitation déterminé.

Echantillonnage dans un profil pédologique :

- Première chose en délimite les horizons
- Commence l'échantillonnage à partir de l'horizon le plus bas afin d'éviter la contamination des autres horizons.
- on prélève environ 2kg à l'état sec.
- ensuite on enlève les morceaux des racines et les pierres
- dans chaque échantillon, on note : la date, le lieu, le n° de profil, l'horizon sur les sachets.
- Dès l'arrivée au laboratoire au lieu de stockage avant leur préparation, les sachets seront ouverts pour sécher la terre à l'air libre.

Dans une parcelle agricole :

Il s'agit d'une méthode d'échantillonnage générale du sol afin de donner une interprétation agronomique, d'évaluer certains paramètres de la fertilité.

Où :

En collaboration avec l'agriculteur on délimitera les zones de prélèvement (même couleur, histoire culturelle...).

Comment :

Zone de prélèvement est subdivisé en unité d'échantillonnage de manière, aléatoire, par quadrillage, en diagonale, zigzag.

Combien prélevé :

Dans chaque zone on prélève plusieurs échantillons, on suit on les homogènes

Remarque :

Les meilleurs périodes de prélèvement c'est d'être ni trop sec ni trop humide.

On évite de prélever après un apport d'engrais, phosphorique ou potassique, mais plutôt après la récolte et bien avant (8) (9).

Deuxième partie : Matériel et méthodes

Dans ce chapitre, nous allons déterminer les paramètres physico-chimiques de quelques échantillons de sol.

Site de prélèvement

Les sols ont été prélevés au sein d'une parcelle de vigne, les différents prélèvements ont été bien mélangés, avant d'être mis dans un sac étiqueté.

Matériel et Réactif

La granulométrie

Chronomètre, thermomètre, pipette de Robinson, tamis de 50 μm et 200 μm , flacon de 50 ml, Grande éprouvette de 1000ml, pyrophosphate de sodium.

Le carbone et la matière organique.

Balance, bécher de 500ml, pipette, agitateur magnétique. Bichromate de potassium (K_2CrO_7), acide sulfurique (H_2SO_4), sulfate ferreux (sel de Mohr) (FeSO_4), diphenylamine (20ml d'eau distillé et 80ml d' H_2SO_4 puis, ajouter 0.5 g de diphenylamine), Acide phosphorique (H_3PO_4), Chlorure de baryum (BaCl_2).

Nitrate et nitrite

Fioles jaugés ; Béchers de 50ml ; Pipettes ; Spectrophotomètre. Solution mère de 500ppm N- NO_3 ; Indicateur coloré reagent.

Phosphore assimilable.

Erlens, bécher, pipettes, spectrophotomètre, solution de phosphore 1ppm (à partir de la solution 100ppm on prend 5ml et on ajuste avec l'eau distillé à 500ml), acide ascorbique (1.5g de l'acide ascorbique plus 100ml de molybdate d'ammonium), solution de bicarbonate de sodium (NaCO_3).

Oligoélément (Zn, Fe, Cu, Mn). Et les éléments (Na^+ K^+ Ca^{2+} Mg^{2+})

Agitateur, flacon, tubes à essais, spectrophotomètre d'absorption atomique, acétate de sodium, acétate d'ammonium, DTPA

Calcaire total et actif

Balance de précision, bécher de 50ml, pipette, des pèse substance, solution d'acide chloridrique 6N (HCL), solution d'acide sulfurique concentré, permanganate de potassium 0.1N, solution d'extraction, oxalate d'ammonium 0.2N.

I. ANALYSE PHYSIQUE

1. La granulométrie

Mode opératoire :

On prend 10g de sol dans 20 ml de pyrophosphate de sodium 0.02 N, ensuite on passe à l'agitation, on met la suspension dans une éprouvette et on ajuste le contenu à un litre avec de l'eau distillée. On laisse décanter et on déclenche le chronomètre. En suite, on fait des prélèvements de 20ml à l'aide d'une pipette de Robinson à 10 cm de profondeur.

Le principe de cette méthode s'explique que les particules sédimentent en fonction de leur diamètre. Le temps de prélèvement dépend de la température dans l'éprouvette.

-Première aliquote : argile + limon fin.

Les 20ml prélevés sont transférés dans une boîte pétrie tarée, on sèche 20h à 105°C et on pèse.

- Deuxième aliquote : argile.

On procède la même manière comme précédemment.

-Tamisage :

Après ces deux prélèvements, la suspension est renversée sur un jeu de deux tamis superposé (tamis de 50 μm pour le sable fin et 200 μm pour sable grossière. On lave les particules sur les tamis superposés. Le contenu de chaque tamis est transféré dans deux capsules que l'on met à sécher.



Figure 1 : Pipette de Robinson.



Figure 2 : les tamis de 50 et 200 μm

II. ANALYSE CHIMIQUE

1. Mesure de pH

PH-eau : 20 g du sol à 50 ml d'eau distillé, on mesure le PH à l'aide d'un appareil (PH-mètre) déjà étalonné avec des solutions tampons PH=4, PH=7.

PH-KCL : 20 g du sol dans un Erlen contient 50 ml de solution de chlorure de potassium (KCL), agitation, on plonge l'électrode dans le liquide surnagent et on affecte la mesure.

On peut aussi préparer la suspension du sol à l'aide de chlorure de sodium (CaCl_2) au lieu de traiter avec KCL, ou bien à l'aide de fluorure de sodium (NaF).

2. Mesure de la conductivité

20 g du sol dans un bécher de 125ml et on ajoute 100ml d'eau distillé (rapport de 1/5), on agite à l'aide d'une baguette de verre, en suit fait la mesure de CE avec conductimètre, étalonné.

Expression et calcule :

$$\text{La } CE_{25^\circ} = CE_t (1 \pm 0.025 \Delta t) \text{ avec } \Delta t = |25 - t|$$

On met + si $t < 25$ et - si $t > 25$



Figure 3 : pH mètre.



Figure 4 : Conductimètre

3. Le carbone et la matière organique.

Mode opératoire :

1g de sol bien sécher dans un Erlen de 500ml, on ajoute 10ml de bichromate de potassium($K_2Cr_2O_7$)1N à l'échantillon, on mélange bien, ensuite on ajoute 20ml d' H_2SO_4 (acidifier le milieu) lentement vers le bécher, on laisse l'échantillon 30min. Après, on ajoute 200 ml de l'eau distillé, puis 5 ml d' H_3PO_4 (complexe les parasites de fer), et 10 ml d' $BaCl_2$ (10%) (Précipite le sulfate parasite) et 1 ml d'indicateur colore (Diphénylamine). On titre par $FeSO_4$ (0.5N) jusqu'à l'apparition d'une coloration vert on détermine la quantité de bichromate de potassium qui n'a pas réagir avec le carbone de dont.

La différence entre les deux volumes ($V_t - V_e$) correspondes à la quantité de bicarbonate qui réagir avec le carbone c.-à-d la quantité de carbone qui se trouve dans 1 g de sol.



Figure 5 : dosage de la matière organique.

Expression des résultats :

Le pourcentage de carbone dans l'échantillon :

$$\%C = \frac{(V_t - V_e) \times F_d \times 0.5 \times 10^{-3} \times 100 \times 10^2 \times 3}{P}$$



Figure 6 : dosage de la matière organique par FeSO_4^{2-}

4. Nitrate et nitrite

Mode opératoire :

↳ Préparation de la gamme étalon :

Dans des fioles de 50ml, on distribue les volumes : 0-2,5-5-7,5-10-15-20 ml de la solution fille de N-NO_3 (après leur passage via le cadmium), puis on ajoute 5ml d'indicateur réactif et on complète avec l'eau distillé. L'augmentation de la couleur rose est bien remarquée.

↳ Préparation de nos échantillons :

Dans des fioles de 50ml, on met 5ml de l'extrait (2,5g du sol+25ml du chlorure de potassium KCl) de nos échantillons (après leur réduction par le cadmium) avec 5ml de l'indicateur réactif. A l'aide du spectrophotomètre et à $\lambda = 540\text{nm}$ on lit leur densité optique.

d- Expression des résultats :

$$[\text{N} - \text{NO}_3] = \frac{(\text{DOe} - \text{DOt}) \cdot 10^{-3} \times 50 \times 25 \times 10^3}{a \times 2.5 \times 5}$$

5. Phosphore assimilable :

Mode opératoire :

- **Extraction du phosphore :**

1g du sol dans 20ml de bicarbonate de sodium (NaCO_3), et on agit durant 30 min.



Figure 7 : extraction et l'agitation de phosphore.

Dosage de phosphore :

En présence de molybdate, il a complexations de phosphore, ce complexe est réduite par l'acide ascorbique en développant une couleur bleu. L'intensité de la coloration est parallèle à la concentration de phosphore dans l'échantillon.

Nous avons prélevé 5ml de surnageant, et on le met dans un Erlen de 50ml, on ajoute 5ml de l'acide ascorbique-molybdate. Et on complète avec l'eau distillé jusqu'à 50ml. Après 30 min, on mesure la densité optique (D.O) à 660 nm.

❖ Expression des résultats :

La concentration de phosphore dans l'échantillon est :

$$C_{ppm} = \frac{DOe \times 10^{-3} \times 50 \times 20 \times 10^3}{A \times P \times V}$$



Figure 8 : dosage de phosphore assimilable

6. Les éléments : potassium, sodium, calcium, magnésium :

Extraction de Na^+ K^+ Ca^{2+} Mg^{2+} :

Mode opératoire :

2g de sol dans un flacon, plus 40ml d'acétate d'ammonium (dans le cas de Na^+ K^+) et d'acétate de sodium (dans le cas de Ca^{2+} Mg^{2+}). L'agitation pendant 2h, on faire les dilutions suivant : 1/10 pour Na^+ , K^+ et 1/10, 1/100 pour Ca^{2+} Mg^{2+} , dans des tubes à essais. On suit on passe à la spectrophotométrie d'absorption atomique, et lit les densités optiques des échantillons.

7. Oligoélément (Zn, Fe, Cu, Mn) :

Mode opératoire :

5 g de sol, et on ajoute 10 ml de D.T.P.A (Solution extractante) après l'agitation pendant 2 heures. Et on passe au spectrophotomètre après avoir faire une dilution de 1/10.



Figure 9 : spectrophotomètre.
d'absorption atomique



Figure 10 : les dilutions des oligoéléments

Expression des résultats :

On calcule la concentration avec la relation suivante :

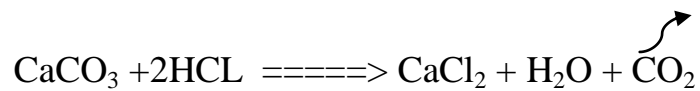
$$[\text{Fe, Cu, Mn, Zn}] = \frac{\text{DOe} \times \text{Fd} \times 10^2 \times \text{Ve} \times 10^3}{a \times p} \text{ Mg/kg}$$

7. Calcaire total :

Mode opératoire :

6ml d' HCL (6N) dans un bécher de 50ml, et on couvre le bécher avec la pèse substance. on le met dans la balance et on note P_1 . On ajoute 1g du sol sur la pèse substance et on note P_2 . Le sol dans la solution, après 30 min on note P_3 .

Le principe de cette méthode est que le carbonate de calcium dans l'échantillon de terre est décomposé par un acide fort, et on mesure le volume de gaze carbonique dégagé par la réaction à la température et à la pression atmosphérique :



❖ Expression des résultats :

$$\% \text{CaCO}_3 = \frac{P_2 - P_3}{P_2 - P_1} \times \frac{M(\text{CaCO}_3)}{M(\text{CO}_2)} \times 100$$

Avec: $M(\text{CaCO}_3) = 100\text{g/L}$

$M(\text{CO}_2) = 44\text{g/L}$



Figure 11 : décomposition de carbonate de calcium par un acide fort.

8. Calcaire actif

Le dosage du calcaire actif c'est une titration de l'excès d'oxalate d'ammonium n'ayant pas réagi avec le carbonate de calcium, par une solution de permanganate de potassium en milieu sulfurique.

Mode opératoire :

- Extraction de calcaire actif :
1g du sol dans 40ml d'oxalate d'ammonium ((NH₄)₂CO₄), et on agit durant 30 min.
- Dosage de calcaire actif :
10ml de surnageant de l'extrait dans un Erlen de 50ml, on ajoute 5ml d'acide sulfurique (H₂SO₄), on fait le titrage avec permanganate de potassium (KMnO₄), on prépare un témoin ne contient pas l'extrait.

Expression des résultats:

$$\%CaCO_3 = \frac{(V_t - V_e) \times F_c \times 0.1 \times 10^{-3} \times 40 \times 10^2 \times 50}{10 \times P}$$

Troisième partie : Résultats et discussion

Echantillon étudié :

Les différents résultats obtenus au cours des différentes analyses sont résumés dans ce tableau suivant :

Tableau 1 : caractéristiques physicochimiques des quatre échantillons étudiés.

	pH	CE mS/cm	P (mg/g)	MO %	Nitrate %	Calcaire totale %	Calcaire actif %	Na (mg/g)	k (mg/g)	Ca (mg/g)	Mg (mg/g)
E1	8.6	0.126	0.043	0.805	4.24	25.22	19.09	0.174	0.203	0.588	0.366
E2	8.9	0.276	0.003	0.586	4.19	43.93	22.41	0.109	0.184	0.352	0.347
E3	8.6	0.144	0.035	0.890	4.24	23.47	18.92	0.197	0.314	0.470	0.270
E4	8.7	0.3	0.001	0.494	4.33	46.35	24.90	0.104	0.101	0.353	0.283

pH: les quatre échantillons ont une valeur de pH situé entre 8.6 à 8.7 représentent des sols alcalin. Le pH idéal varie selon la nature du sol et la culture. Pour la vigne, il est situé entre 6,5 et 7. Dans notre, il est recommandé d'utiliser des engrais (phosphate, nitrate, ammoniacque) qui acidifient le sol par le remplacement des cations minéraux par des ions H^+ sur le complexe argileux-humique. (6)

CE : la CE est de 0.126, 0.144, 0.276, 0.3 respectivement pour E1, E3, E2, E4. Selon le classement de la CE, E1 et E3 est très faible par contre chez E2 et E4 la CE est moyenne. La salinité est l'une des paramètres qui agit sur l'assimilation des éléments nécessaire à la vie de la plante, dans le cas où on a une teneur en sel est grand on fait appel au porte greffe qui tolère la salinité dans le sol.

Phosphore : chez l'E1 et E3 la proportion de P est moyenne, et pour E2 et E4 ont une quantité faible. Des teneurs en phosphore du sol de 12–20 ppm, sont considérées comme suffisantes pour assurer la reprise des jeunes vignes puis la production. Il joue un rôle au niveau du développement végétatif de la vigne et dans les mécanismes énergétiques de la plante. Aucun apport n'est nécessaire, même en cas de déficit du sol indiqué dans cette

analyse. La très grande majorité des sols contient en effet assez de phosphore pour répondre aux besoins de la vigne, qui par l'intermédiaire des mycorhizes, assimile bien le phosphore.

Le potassium et le sodium : la teneur en sodium est moyenne dans les quatre échantillons et la même chose pour le potassium. Le potassium, parmi les éléments minéraux les plus importants. La vigne requière une plus grande quantité de potassium, dans les saisons sèches. En présence d'une carence en potassium, des pulvérisations foliaires de potassium est nécessaire pour avoir un bon résultat.

Nitrate : l'analyse des nitrates montre que tous les échantillons ont une quantité élevés. Il est nécessaire de passer à l'analyse des pétioles pour déterminer avec précision les besoins en azote des vignes.

Calcium et magnésium : les échantillons ont une proportion faible de magnésium et de calcium. La carence en calcium entraîne un ralentissement de la croissance des différents organes de la vigne. Une carence en magnésium peut provoquer la chute prématurée du fruit à la récolte. Les feuilles les plus vieilles des pieds de vigne carencés sont pâles, puisque le magnésium fait partie intégrante de la structure moléculaire de chlorophylle. L'analyse des pétioles est le meilleur moyen de révéler les besoins en magnésium et en calcium. Des pulvérisations foliaires de magnésium et de calcium corrigent cette carence.

MO : L'examen de la MO montre que les échantillons 1 et 3 ont une quantité faible alors que les échantillons 2 et 4 ont une quantité très faible.

Pour les oligo-éléments (éléments indispensables en quantités infimes), leurs carences ne sont pas très fréquentes dans les plantations de la vigne. Les excès sont plus dommageables que les carences. En conséquence, il n'est pas nécessaire d'apporter d'oligo-éléments, sauf si on fait une analyse des pétioles qui confirme une carence. On n'applique que les oligo-éléments qui sont déficitaires et en quantités suffisantes pour corriger le problème.

Les besoin nutritionnels de la vigne en Kg/ha/an sont : 130 à 180 pour l'azote, 25 à 40 pour le phosphore, 130 à 160 pour le potassium, 90 à 115 pour le calcium, 20 à 30 pour le magnésium et pour les Oligoéléments en g/ha/an :

Bore	Cuivre	Manganèse	Zinc	Molybdène	Fer
80 à 150	60 à 120	80 à 160	100 à 200	1 à 2	500 à 600 (6) (7)

À partir de ces besoins et les données des analyses de sol, on peut procéder à la fertigation seulement après des analyses effectuées sur des pétioles et l'eau d'irrigation.

Conclusion

Les analyses du sol consistent en un ensemble d'opérations successives physique, chimique, elles permettent de connaître la richesse du sol en éléments assimilables avant la fertigation ainsi que les caractéristiques du sol.

Le sol de la parcelle de la vigne étudiée est de nature basique, présente une conductivité électrique moyenne, une faible richesse en matière organique.

Les macroéléments et les oligoéléments sont présents à des concentrations faibles, ce qui nécessite un apport en ces éléments.

En fin, ces résultats permettent de contribuer pour exécuter un programme de fertigation du sol en tenant compte des besoins de la vigne.

BIBLIOGRAPHIE

1. Alain Reynier. Manuel de viticulture, Guide technique de viticulture raisonnée. 532p. 2007, 10^e Edition TEC & DOC, 11, rue Lavoisier, 75008, Paris.
2. Calvet, R. (2003). Le sol, propriétés et fonctions. tome 1. Constitution et structure, phénomènes aux interfaces. INA. Paris-Grignon, 456 p.
3. Calvet, R. (2003). Le sol, propriétés et fonctions. tome 2. phénomènes physique et chimique, application agronomique et environnementale. Edition France agricole. DUNOD. 456 p.
4. Duchauffour P. (2001). Introduction à la science du sol. Sol. Végétation, environnement. 6^{ième} édition de l'abrégé de pédologie. DUNOD. 331p.
5. Dominique Soltner. Phytotechnie Générale, les bases de la production végétales. Le sol- le climat- la plante. Tome 1, le sol. 11^e édition 1982, collection science et Technique Agricoles
6. Jacques Delas. fertilisation de la vigne, 2000 Edition Féret –Bordeaux. 159p
7. Loudiyi B. (2011). Rapport d'étude. « Les sols dans la zone de Meknès ». Ecole nationale d'agriculture. Meknès, 18p.
8. Mathieu, C. Pieltain, F. (2003). Analyse chimique des sols. méthodes choisies. 387p. Edition TEC & DOC, 11, rue Lavoisier, 75008, Paris, France.
9. Moujahid Y. (2007). Analyse Physico-chimique et dynamique du phosphore et du potassium dans quelques sols marocains. Thèse de doctorat. Faculté des sciences, Rabat. 114 p.
10. Mathieu, C. Pieltain, F. (2003). Analyse physique des sols. méthodes choisies. 275p. Edition TEC & DOC, 11, rue Lavoisier, 75384, Paris, France.
11. Mode opératoire de laboratoire de sol en IAV CHA réalisé par M, DOULHOUSN.
12. <http://www.lano.asso.fr/web/analyses.html>
13. http://www.manitoba.ca/agriculture/land/soilsurvey/pubs/laboratory_methods_of_soil_analysis.pdf

Annexe

Eléments	Classe							
	Très faible	Faible	Passable	Moyenne	Bon	Très bon	Elevé	Très Elevé
Calcaire totale %	0 à 1	1.1 à 5		5.1 à 15			15.1 à 30	30.1 à 50
Calcaire actif %			7.1 à 12	5.1 à 7	2 à 5			
Matière organique %	<0.7	0.7 à 1.5	1.5 à 3	3 à 6	> 6			
Nitrate %	0.055	0.05 à 0.1	0.1 à 0.15	0.151 à 0.3	> 0.3			
Phosphore assimilable %		< 0.03	0.031 à 0.05	0.05 à 0.08	0.081 à 0.2	0.201 à 0.4	> 0.4	
Potassium échangeable %	< 0.05	0.051 à 0.15		0.151 à 0.3	0.301 à 0.9	0.901 à 1.5	1.501 à 2	> 2
Sodium échangeable %		> 0.62	0.22 à 0.62	0.093 à 0.221	0.031 à 0.094	< 0.031		
Calcium échangeable %	< 0.28	0.28 à 0.645		0.646 à 0.981	0.981 à 1.963	1.963 à 3.364	3.635 à 2	> 4
Magnésium échangeable %	< 0.081	0.082 à 0.201		0.202 à 0.302	0.303 à 0.504		0.505 à 0.604	
Fer ppm			4 à 5	5.1 à 7	7.1 à 21		> 21	
Mn ppm			4 à 5	6.1 à 8	8.1 à 20		> 20	
Cu ppm		< 2	0.2 à 0.43	0.44 à 1	1.01 à 2.17	2.18 à 3	> 3	
Zn ppm		< 2	2 à 3	3.1 à 3.9	3.91 à 10.4		> 10.4	

Tab.1 - classement des sols en fonction de leurs caractéristiques chimiques (11) (12)

pH	5.5 à 6	Moyennement acide
	6.1 à 6.5	Faiblement acide
	6.6 à 7.3	Neutre
	7.4 à 7.8	Faiblement basique
	7.9 à 8.5	Moyennement alcalin
	8.5 à 9	Alcalin
	>9	Très alcalin
CE (mms/cm)	< 0.15	Très faible
	0.15 à 0.2	Faible
	0.21 à 0.4	Passable
	0.41 à 0.8	Moyenne
	0.81 à 1.2	Moyennement élevé
	1.21 à 2	Elevé
	>2	Très Elevé

Tab.2 –classement des sols en fonction de pH et CE. (11) (12)