

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université Mohamed Khider Biskra
Faculté des Sciences Exactes et des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des Sciences de la Nature et de la Vie

Réf: ... / ...

Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme de
Master
Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie
Filière : Biologie
Spécialité : Biodiversité et Physiologie Végétale

Thème

Etude de l'état nutritionnel de la vigne (*Vitis vinifera* L.) dans trois vignobles de la région de Biskra

Présenté par :

HETHAT Touatia.

Devant le jury:

Président: HAMIA H

Promoteur: MASMUDI A

Copromoteur: LAIADI Z

Examineur: KHENCHOUR H

MA université De Mohamed kheider Biskra

MCA université De Mohamed kheider Biskra

MCA université De Mohamed kheider Biskra

MA université De Mohamed kheider Biskra

Année Universitaire 2013/2014



Remerciement

Les premiers et derniers remerciements sont pour Dieu le grand et le miséricordieux, le tout puissant, sans lui notre étude serait vain, et en espérant qu'il nous aidera et aidera ceux qui le méritent.

*Je commence par mes grands respects l'encadreur le docteur **MASMODI Ali** et le copromoteur **LAMADI Ziane** qui m'ont illuminé ma voix et qui m'ont donné l'aide depuis les premières lignes de ce travail jusqu'au travail fini avec leur bien vaillance, leur conseils.*

*Je remercie aussi les membres de mon jury, Madame **KHENCHOUR** et Madame **HAMIA**.*

*Je remercie l'enseignant **Hamza** et la technicienne de laboratoire de l'agronomie **Naima CHELOUA** pour son aide.*

*Je voudrais également remercier monsieur **DJOUHABEL Azedine** et **OUCHEN Abdessaleme** pour leur aimable geste.*

*Grandes salutations les plus distinguées à **I.T.D.A.S** et à monsieur **SAADOUN Samir** pour leur accueils.*

Merci également à pour son amour, ses encouragements et son soutien pendant ces années.

*Personnes qui ont consacré de leur temps et de leur énergie, pour m'aider dans ce travail, à tous je voudrais adresser mon grand remerciement à **Abdellah**.*

À tous ceux qui ont posé leur empreinte soit mise en action soit par un livre, par un mot, ou par souhait.

Liste des abréviations

CE : Conductivité électrique.

Ks : Potassium du sol.

Kvl : Potassium du limbe.

Kvp : Potassium du pétiole.

MO : Matière organique.

N : Normalité.

Nas : Sodium du sol.

Ps : Phosphore du sol.

Pvl : Phosphore du limbe.

PvP : Phosphore du pétiole.



Liste des photos

Photo 01 : parcelle de Mziraa en repos végétatif	20
Photo 02 : parcelle de Loutaya (stade de nouaison).....	21
Photo 03 : parcelle de Doucen (stade de nouaison).....	21
Photo 04 : Prélèvement des échantillons de sol	22
Photo 05 : Prélèvement des échantillons végétaux	23
Photo 06 : stade de prélèvement (Stade de nouaison).	23
Photo 07 : Prélèvement de feuilles.	28
Photo 08 : les feuilles sécher en étuve.....	28
Photo 09 : Les feuilles séchées au four à moufle	29

Liste des figures

Figure 01 : Relations générales entre croissance ou rendement et teneur en éléments minéraux	13
Figure 02 : Variations de pH de sol	32
Figure 03 : Variations de la conductivité électrique de sol.	33
Figure 04 : Variations de Calcaire totale de sol.	34
Figure 05 : Variations de Calcaire actif de sol.	35
Figure 06 : Variations de matière organique de sol.	35
Figure 07 : Variations du phosphore de sol.	36
Figure 08 : Variations de potassium du sol.	37
Figure 09 : Variations de sodium du sol.	38
Figure 10 : appréciation de phosphore du végétale.....	39
Figure 11 : appréciation de potassium du végétale.	40

Liste des tableaux

Tableau 01 : Les besoins en éléments minéraux de la vigne.	8
Tableau 02 : Les résultats d'analyse granulométrique par tamisage.	31

Sommaire

Liste des abréviations	I
Liste des photos.....	II
Liste des figures	III
Liste des tableaux.....	IV
Introduction.....	1
<i>Etude bibliographique</i>	
1. Historique de la vigne	2
2. Biologie et taxonomie de la vigne	2
3. Physiologie de la vigne	3
3.1. Le cycle végétatif de la vigne	3
3.1.1. Les pleurs	3
3.1.2. Le débourrement	3
3.1.3. La croissance	4
3.1.4. L'aoûtement	4
3.1.5. Arrêt de croissance	4
3.1.6. La chute des feuilles	4
3.1.7. Dormance des bourgeons latents	5
3.2. Le cycle reproducteur	5
3.2.1. L'initiation florale.....	5
3.2.2. La floraison	5
3.2.3. La pollinisation.....	5
3.2.4. La fécondation	5
3.2.5. La coulure et nouaison	6
3.2.6. Le développement des baies	6
4. Généralités sur la fertilisation de la vigne	6
4.1. Historique	6
4.2. Les objectifs de la fertilisation	7
4.3. Les besoins en éléments minéraux de la vigne.....	7
4.4. Le rôle des éléments minéraux	9
4.4.1. L'azote	9
4.4.2. Le phosphore	9
4.4.3. Le potassium.....	9
4.4.4. Le calcium.....	9
4.4.5. Le magnésium	10

4.4.6. Le sodium.....	10
4.4.7. Le soufre.....	10
4.4.8. Les oligo – éléments	10
4.4.8.1. Le bore	10
4.4.8.2. Le fer	11
4.4.8.3. Le cuivre, le manganèse et le zinc.....	11
5. Les symptômes de carence en éléments minéraux.....	11
5.1. Carence en azote.....	11
5.2. Carence en phosphore.....	11
5.3. Carence en potassium	12
5.4. Carence en calcium	12
5.5. Carence en magnésium.....	12
5.6. Carence en bore	12
5.7. Carence en fer	12
5.8. Carence en zinc.....	13
5.9. Carence en manganèse.....	13
6. Les outils d'aide au raisonnement de la fertilisation	14
6.1. La connaissance du sol	14
6.1.1. Les constitutions du sol.....	14
6.1.1.1. La texture	14
6.1.1.2. La structure	14
6.1.2. Travail et mode d'entretiens du sol	14
6.2. La connaissance de la plante.....	15
6.2.1. Le diagnostic foliaire.....	15
6.2.2. Le principe	15
6.2.3. L'analyse de l'organe	15
6.2.4. Date et stade de prélèvement.....	16
6.2.5. But.....	16
6.3.1. Les fumure	16
6.3. La pratique et la connaissance des matières fertilisantes.....	16
6.3.1.1. La fumure de fond avant plantation	16
6.3.1.2. La fumure annuelle d'entretien	17
6.3.1.3 La fumure corrective	17
6.3.1.4. La fumure foliaire	17
6.3.2 Les amendements minéraux basiques	18
6.3.3. Les amendements calciques.....	18

6.3.4. Les amendements organiques.....	18
6.3.5 Les engrais	19
6.3.5.1. L'utilisation des engrais en Algérie.....	19
6.3.5.2. Les engrais simples.....	19
6.3.5.2.1. Les engrais azotés.....	19
6.3.5.2.2. Les engrais phosphatés	20
6.3.5.2.3. Les engrais potassiques.....	20
6.3.5.3. Les engrais composés.....	20
6.3.5.3.1. Les engrais organiques.....	20
6.3.5.3.2. Les engrais organo-minéraux.....	20
<i>Etude expérimentale</i>	
<i>Matériel et méthode</i>	20
1. Présentation de lieu de l'expérimentation	20
1.1. Parcelle de Mziraa.....	20
Parcelle de Loutaya	20
1.3. Parcelle de Doucen.....	21
2. Prélèvement des échantillons de sol.....	22
3. Matériel végétale	22
3.1. Prélèvement des échantillons.....	22
3.2. Epoque de prélèvement et choix des feuilles.....	23
4. Méthodes d'analyses	23
4.1. Analyses physico-chimiques de sol	23
4.1.1. La granulométrie	23
4.1.2. Le PH (acidité de sol)	23
4.1.3. La conductivité électrique (CE)	24
4.1.4. Le calcaire total	24
4.1.5. Le calcaire actif	25
4.1.6. La matière organique	26
4.1.7. Dosage de phosphore assimilable (P).....	27
4.1.8. Dosage de potassium (K^+)	27
4.1.9. Dosage de sodium (Na^+)	28
4.2. Analyses des feuilles.....	28
4.2.1. Préparation des échantillons	28
4.2.2. Minéralisation.....	29
4.2.3. Analyse des éléments minéraux.....	29
4.2.3.1. Dosage de phosphore	29

4.2.3.2. Dosage de potassium	30
<i>Résultats et discussion</i>	
Présentation des résultats	31
1. Analyses physiques du sol.....	31
1.1. La granulométrie	31
2. Analyses chimiques du sol	32
2.1. pH de sol.....	32
2.2. Conductivité électrique (CE)	32
2.3. Calcaire totale	33
2.4. Calcaire actif	34
2.5. Matière organique	34
2.6. Phosphore	35
2.7. Potassium.....	36
2.8. Sodium.....	37
3. L'analyse du végétale.....	38
3.1. Le phosphore (P)	39
3.2. Le potassium (K^+)	39
4. Les Corrélations.....	40
Conclusion.	41
Référence bibliographique.....	42
Annexe.	
Résumé.	

Introduction

Introduction

Depuis très longtemps, les vignes ont constitué un élément naturel de paysage botanique de L'Algérie. Antérieurement à l'introduction de la culture proprement dite de la vigne, le sol Algérien portait des vignes sauvages appartenant toutes à l'espèce commune *Vitis vinifera* L.

La viticulture dans la wilaya de Biskra a pris une grande place, et a été développé de nos jours en association avec le Palmier Dattier.

Les vignobles ont, de tout temps, reçu des apports de matières fertilisantes qui contribuaient à assurer les besoins de la vigne. Cette pratique traditionnelle a été peu à peu modifiée par l'apparition, au XIX^e siècle, des engrais chimiques et par l'abandon, entre les deux dernières guerres, de l'élevage dans les exploitations viticoles : la fertilisation jusque-là exclusivement organique, est devenue en grande partie minérale.

Classiquement, l'analyse chimique permet d'évaluer la contribution potentielle du sol à l'alimentation de la plante et de prévoir les corrections nécessaires à apporter par la fertilisation. Cela suppose que l'on analyse tous les horizons du sol colonisés par les racines et donc susceptibles de participer à l'alimentation de la plante.

Dans le cas de la vigne, ces deux conditions sont loin d'être remplies, ce qui ne remet pas en cause l'intérêt de l'analyse de sol mais permet d'en préciser les limites et de souligner la nécessité de la compléter par l'analyse des feuilles.

L'objectif de notre étude est de contrôler l'état nutritionnel de la vigne (*Vitis vinifera* L.) dans trois vignobles situés dans la région de la wilaya de Biskra : Mziraa, Loutaya et Doucen en fonction des résultats de l'analyse du sol et le diagnostic foliaire (limbe et pétiole).

Synthèse bibliographique

1. Historique de la vigne

La culture de la vigne commence en Transcaucasie durant le néolithique de 6000 à 5000 ans avant J-C. À partir de 4000 ans avant J-C, elle a été diffusée par l'homme à travers le croissant fertile, jusqu'au delta du Nil. L'arrivée de l'Islam a favorisé l'expansion de la vigne de table au Moyen Orient et en Afrique du Nord. Il a également facilité son développement en Espagne, en Italie et en France (**SID-OTMANE, 2009**).

À partir du XII^{ème} siècle, la consommation de vin se généralise. Les vignobles continuent de s'étendre dans toute la France, puis progressivement à la Germanie et aux pays du Danube (**ENJALBER et ENJALBERT, 1987**).

L'approche de Roger Dion (2010) est méthodique et structurée, traitant successivement les trois grandes périodes de l'apparition et du développement de la vigne : « les origines » dans le mode antique, « les grands vignobles commerciaux du moyen-âge » avec l'examen des grandes régions françaises et enfin « l'adaptation de la production vinicole aux besoins de la société moderne » avec l'étude du développement de l'activité viticole du X^{IV}^e au X^{VIII}^e siècle (**VIDAL, 2001**).

Les XIX^e et XX^e siècles marquent la longue histoire de la vigne et du vin par l'extraordinaire développement des techniques tant œnologiques que viticoles. Au cours d'une grande partie du XIX^e siècle, les réussites viticoles se confirment et renforcent le clivage apparu au siècle précédent entre les grands vins et les produits de consommation courante. Si le dernier quart du XIX^e siècle ouvre une ère d'épreuves pour la viticulture, le dernier quart du XX^e siècle est celui de l'élargissement des concurrences dû à l'intrusion de nouveaux producteurs sur le marché mondial (**VIDAL, 2001**).

En Algérie la culture de la vigne remonte à l'antiquité, et la présence de vigne sauvage est signalée par **TRABUT (1886)**, **IN LEVADOUX (1956)** dans les monts Babors. Elle n'est toutefois pas signalée par **OZENDA**, dans sa flore du Sahara (1977) (**SID-OTMANE, 2009**).

2. Biologie et taxonomie de la vigne

La vigne est une plante angiosperme de la classe de dicotylédone, une liane très anciennement à tiges sarmenteuses, grimpante, cultivée de la famille des *Vitacées* attachant à des supports variés grâce à des vrilles opposées aux feuilles (**PLANCHON, 1887**). Cette famille comprend 19 genres dont le genre *Vitis* (**GALET, 1993**).

Les fouilles archéologiques ont mis en évidence la présence de grains de raisin (**PELT, 1994**). Le genre *Vitis* est divisé en 2 sous-genres, *Euvitis* et *Muscadinia* (**PLANCHON, 1887**).

Le sous-genre *Muscadinia* comprend trois espèces diploïdes ($2n = 40$ chromosomes), originaires du Mexique et des Etats-Unis. L'espèce *Rotundifolia* est utilisée dans différents programmes de sélection pour sa résistance ou sa tolérance à de nombreux agents pathogènes de la vigne, comme le mildiou, l'oïdium et le phylloxéra (**HUGLIN et SCHNEIDER, 1998**).

Le sous-genre *Euvitis* comprend environ soixante espèces diploïdes ($2n = 38$ chromosomes) localisées en Asie orientale et en Amérique du Nord (**HUGLIN et SCHNEIDER, 1998**).

La vigne asiatique comprend une quinzaine d'espèces qui sont résistantes aux maladies (**CAMPS, 2008**).

La vigne américaine est composée d'une vingtaine d'espèces qui présentent généralement une bonne résistance aux agents pathogènes, notamment au phylloxéra. Elles sont de ce fait utilisées comme porte-greffes pour leur résistance aux maladies ou bien croisées avec *Vitis vinifera* L. pour produire des hybrides (**BERGEAUL, 2010**).

La vigne européenne n'est constituée que d'une seule espèce, *Vitis vinifera* L. *sativa* (cultivée) et *silvestris* (sauvage). Cette espèce regroupe l'ensemble des cépages cultivés dans les vignobles français qui comprennent plus de 6000 variétés et présentent des caractéristiques morphologiques ou ampélographiques très différentes (**HUGLIN et SCHNEIDER, 1998**).

Ce nombre est en perpétuelle évolution du fait de la disparition de certains cépages et de la création de nouvelles variétés (**CAMPS, 2008**).

3. Physiologie de la vigne

3.1. Le cycle végétatif de la vigne

3.1.1. Les pleurs

Sur plaies de taille fraîches on constate, à partir de mois de février, un écoulement de liquide incolore : il de « pleurs ». Ceci marque la reprise d'activité du système racinaire dès les premiers réchauffements du sol. Des pleurs abondants caractérisent les vignes vigoureuses. Ils sont constitués par de l'eau et quelques sels minéraux en très faible quantité et ne nuisent pas à la souche (**CRESPY, 1992**).

3.1.2. Le débourrement

Dès que la température moyenne journalière dépasse 8 à 10°C au printemps les bourgeons latents entre en croissance active (**CRESPY, 1992**).

Les écailles s'écartent pour laisser apparaître un feutrage protecteur, le coton ou « bourre » (d'où le nom de débourrement). Selon les cépages le débourrement est plus ou moins précoce, ce qui expose les jeunes bourgeons aux atteintes des gelées de printemps. Au bout de quelques jours le coton est expulsé et l'on voit apparaître une pointe verte correspondant au sommet du bourgeon latent (apex) **(CRESPY, 1992)**.

3.1.3. La croissance

Elle se caractérise par l'apparition des différentes parties des rameaux et des organes qu'ils portent : mérithalles, nœuds avec feuilles, vrilles ou inflorescences. C'est l'extrémité du bourgeon latent devenu apex du rameau qui assure la croissance. Si on le supprime l'allongement du rameau s'arrête et les prompt-bourgeons démarrent pour donner des entre-cœurs. La croissance s'arrête, selon les régions, en juillet ou en août. On constate souvent une deuxième croissance en automne affectant surtout les entre-cœurs et qui sensibilise la vigne à diverses maladies cryptogamiques (mildiou, oïdium).

3.1.4. L'aoûtement

L'aoûtement se poursuit après la maturité, tant que les feuilles encore vivantes ne se sont pas vidées de la plus grande partie des substances qu'elles ont élaborées. De cet aoûtement dépend la résistance aux gelées de l'hiver, la vigueur des rameaux aux printemps suivant et, pour les opérations de multiplication végétative, la reprise au bouturage et au greffage. L'aoûtement favorise donc la pérennité de la plante et sa multiplication **(REYNIER, 2007)**.

3.1.5. Arrêt de croissance

Elle intervient sensiblement en même temps que la véraison le bourgeon terminal assurant l'allongement du rameau se dessèche et tombe **(ANONYME, 2001)**.

3.1.6. La chute des feuilles

La plante entre dans la phase de repos végétatif. C'est le moment où le vignoble prend une teinte automnale **(ANONYME, 2001)**.

Quelque temps après les vendanges les feuilles commencent à se vider de leurs substances, qui migrent vers le bois. La destruction de la chlorophylle entraîne l'apparition de pigments jaunes ou rouges suivant le cépage. Dès lors considère que la vie active est terminée et les travaux d'hiver (taille) peuvent commencer **(CRESPY, 1992)**.

3.1.7. Dormance des bourgeons latents

Les bourgeons latents, formés à l'aisselle des feuilles, ne se développent pas l'année de leur formation. Ils restent à l'état de repos jusqu'au printemps suivant (**HUGLIN et SCHNEIDER, 1998**).

3.2. Le cycle reproducteur

3.2.1. L'initiation florale

Les inflorescences sortent des bourgeons au début de la croissance, quelques jours après le débourrement. Elles apparaissent alors sous forme de petites masses vertes ou rouges, selon les cépages. C'est le stade F de BAGGIOLINI : les grappes rudimentaires apparaissent au sommet de la pousse, avec 4 ou 6 feuilles étalées. Au stade G *grappes séparées*, les grappes s'espacent et s'allongent sur le rameau, mais les organes floraux restent encore agglomérés. Un peu plus tard, on arrive au stade H *boutons floraux séparés* : apparition de la forme typique de l'inflorescence, dans laquelle les boutons floraux sont nettement isolés (**GALET, 1983**).

3.2.2. La floraison

La floraison correspond à l'épanouissement de la fleur par l'ouverture (déhiscence) de la corolle qui se dessèche et tombe. Elle se produit généralement en juin, mais la date varie avec la variété et suivant les conditions climatiques de l'année. La floraison s'étale sur dix à quinze jours, la déhiscence du capuchon et sa chute sont favorisées par l'ensoleillement et la chaleur (minimum : 15°C) (**REYNIER, 2011**).

3.2.3. La pollinisation

Dans le cas de variétés hermaphrodite, la pollinisation autogame semble être la règle générale, et ceci découle logiquement de façon dont le pollen est libéré. À moins de pluies persistantes ne permettant pas, à un moment de la journée, l'assèchement des inflorescences, l'ouverture brusque des sacs polliniques provoque l'éjection du pollen sous forme de petit nuage et l'on peut difficilement imaginer que le stigmate de la fleur concernée ne capte pas des grains de pollen provenant d'une de ses anthères. En cas de non-rejet de la corolle, l'autogamie est naturellement impérative (**HUGLIN et SCHNEIDER, 1998**).

3.2.4. La fécondation

IL s'agit d'une double fécondation, celle de l'ootrophée et celle des noyaux polaires. La fécondation des quatre ovules n'est pas souvent complète, plusieurs types de pépins peuvent exister :

- Pétin normal.
- Pétin vide formé des téguments mais sans embryon.
- Pétin sténospermique formé d'un embryon mais sans tégument.
- Pas de pétin.

A ces types de pétins correspondent des types de baies : baie pyrénée, baie apyrène, baie apyrène corinthienne, baie verte (**REYNIER, 2003**).

3.2.5. La coulure et nouaison

Une grappe de vigne, qu'elle soit, présente pratiquement toujours un nombre de baies beaucoup plus faible que le nombre de fleurs de l'inflorescence correspondante. La chute des fleurs non fécondées peut évidemment être une des causes de ce fait, alors qu'une proportion variable de jeunes baies apparemment fécondées ne grossissent plus et tombent. Ce n'est que lorsque la proportion de baies tombées devient excessive qu'on parle vraiment de coulure, par opposition à la nouaison, qui est le terme appliqué à la transformation de l'ovaire en fruit (**HUGLIN, 1998**).

3.2.6. Le développement des baies

Dès que l'ovaire commence à se développer, on dit qu'il est noué, et l'ensemble de ce phénomène pour une grappe s'appelle la nouaison. Au mois d'août, les baies atteignent le stade de la véraison, qui marque la fin de la phase herbacée et le début de la maturation. Entre fin septembre et début octobre, les baies atteignent la pleine maturité et peuvent être vendangées. Le raisin entre ensuite dans une phase de sur maturation caractérisée par un flétrissement des baies (**CAMPS, 2008**).

4. Généralités sur la fertilisation de la vigne

4.1. Historique

Le diagnostic foliaire de la vigne présente un double intérêt :

- historique d'abord, car c'est sur cette plante que cette méthode de contrôle de la nutrition et de la fertilisation a été mise au point, en France par **LAGATU et MAUME**.
- pratique, car, s'est sur cette culture que cette technique reste la plus vulgarisée dans l'agriculture métropolitaine.

C'est, en effet, en 1927 que LAGATU et MAUME présentent pour la première fois, le concept « de diagnostic foliaire ». Ces auteurs ont la mérite de proposer une méthode de conception

radicalement différente de ce qui se faisait jusqu'alors en matières de fertilisation .Pour en mesurer l'importance , il faut rappeler que pour apporter sa fumure, l'agriculteur disposait de deux moyens :

-soit il estimait et rapportait au sol ce que la culture de l'année précédente avait exporté, et essayait de prévoir les besoins de la culture en place.

- soit, il tenait compte, pour le calcul de sa fumure, des potentialités du sol estimées à l'aide d'analyses chimiques, destinés à évaluer la réserve en éléments disponibles utilisables par les racines des végétaux (LOUE *et al.*, 1984).

C'est alors que LAGATU et MAUME eurent l'idée d'utiliser l'analyse minérale de la plante elle-même puis, largement diffusée à partir de 1950 par le laboratoire de diagnostic foliaire de Montpellier de J.F. LEVY (LOUE *et al.*, 1984).

HELAS, de nombreuses auteurs, et même LEVY, se sont aperçus qu'il était illusoire de vouloir appliquer des normes fixes et figées de teneurs en N, P, K dans tous les vignobles, quelles que soient les conditions agropédologiques de culture (LOUE *et al.*, 1984).

4.2. Les objectifs de la fertilisation

En viticulture, les apports de matières fertilisantes ont deux objectifs principaux :

a) La satisfaction des besoins de la vigne en éléments : minéraux

En général, pour le vigneron, c'est l'objectif principal de la fertilisation. Nous verrons plus loin que les besoins de la vigne ne sont pas très élevés. Cependant, il est nécessaire de maintenir le sol en état d'assurer la nutrition de la vigne en apportant les éléments minéraux présents en quantité insuffisante ou peu disponible (BUSSON, 2003).

b) assurer une production de qualité

Cet objectif influence de manière importante le raisonnement de la fertilisation. En effet, les apports ne sont pas destinés à mettre la vigne dans les conditions favorisant la croissance et une production maximale mais, au contraire, la recherche de la qualité implique la limitation de la vigueur et le respect d'un rendement modéré. On recherche donc une alimentation minérale modérée en évitant cependant les risques de carence ou d'accidents physiologiques (BUSSON, 2003).

4.3. Les besoins en éléments minéraux de la vigne

Le raisonnement de la fertilisation doit s'appuyer sur la connaissance des besoins de la vigne en élément minéraux (**tableau 01**) et prendre en compte le rôle de chacun de ces

éléments sur la production et sa qualité. Pour mettre en œuvre et contrôler cette fertilisation rationnelle, le viticulteur dispose d'un outil aujourd'hui bien maîtrisé, l'analyse foliaire, qui ne doit cependant pas lui faire négliger l'observation du comportement de la vigne (DELAS, 2010).

Tableau 01 : Les besoins en éléments minéraux de la vigne (BULTAIN, 2000).

Eléments minéraux	Besoins (Kg/ha/an)
Azote	20-70 Kg
Phosphore	3-10 Kg
Potassium	25-70 Kg
Calcium	40-80 Kg
Magnésium	6-15 Kg
Soufre	6
Fer (Fe)	0.6
Bore (B)	0.8-0.15
Cuivre	0.06-0.12
Manganèse	0.08-0.16
Zinc	0.1-0.2

4.4. Le rôle des éléments minéraux

4.4.1. L'azote

L'azote est un élément important, puisque les feuilles en contiennent 2% les sarments 0.6 %et les mouts de 0.35 à 0.80g par litre. En effet, l'azote entre dans la composition des acides aminés (protéines et enzymes), des acides nucléiques et dans celle de divers constitutions (auxines, cytokinines, chlorophylles) (GALET, 1999).

4.4.2. Le phosphore

L'acide phosphorique est à la base du métabolisme énergétique : composés phosphorylés nucléotides. Il est présent dans tous les cellules, soit sous forme minérale, soit sous forme organique combiné avec les glucides, les lipides ou les protides, dont il assure le transport dans la sève. Le phosphore est aussi un constituant de base du noyau cellulaire (acide ribonucléique), dont la multiplication cellulaire et la croissance des tissus sont sous la dépendance de la présence en quantité suffisante de cet élément (GALET, 1999).

4.4.3. Le potassium

Le potassium joue un rôle très important en contrôlant les mécanismes d'ouverture et de fermeture des stomates, régulant le pH cellulaire, activant de nombreux systèmes enzymatiques, intervenant dans la synthèse des sucres et leur migration vers les baies (BUSSON, 2003).

C'est un élément très mobile dans la plante, ce qui lui permet d'être facilement transporté vers les sites d'utilisation et ensuite redistribué. Le potassium est antagoniste d'autres cations, notamment du magnésium : un niveau trop élevé d'absorption du potassium se traduit par une moindre absorption du magnésium (BUSSON, 2003).

4.4.4. Le calcium

Le calcium contribue avec les autres cations à assurer l'équilibre nécessaire de la sève vis-à-vis des acides organique et minéraux. Il sature les fonctions acides des pectines des parois végétales (avec le Mg) et joue un rôle antitoxique vis-à-vis des excès de potassium, de sodium ou de magnésium. Enfin, il a une action importante dans les phénomènes essentiels de transport dans les tissus conducteurs.les quantités exigées par la vigne sont importantes, supérieures en poids à celles de potassium (PEYNAUD, 1971).

4.4.5. Le magnésium

Le magnésium entre dans la composition de la chlorophylle pour 2.7% ainsi que dans la phytine pour 1.5%, cette dernière étant une substance de réserve, riche en phosphore, 22% à 25% et en calcium, 12%, qui migre dans la graine. Dans le vin il y a très peu de magnésium, généralement moins de 100 mg par litre, mais ce sont les feuilles, puis les sarments qui en contiennent le plus, de sorte que grâce aux feuilles, il y a une restitution importante dans le sol et la consommation réelle est comprise entre 2 et 10 kg, rendant inutile l'emploi des engrais magnésiens dans la plupart des sols **(GALET, 1999)**.

4.4.6. Le sodium

Le sodium est présent dans de nombreuses roches mères, figurant souvent simultanément avec les sels de potasse. Cet ion n'est pas indispensable à la nutrition et c'est plutôt d'ion d'accompagnement. Normalement la vigne en contient de faibles doses, mais dans les sols salés on observe des dégâts dans la plante et les vins peuvent en avoir de 1 à 3 g/litre. Les cellules des racines absorbent peu le sodium, jouant ainsi leur rôle sélectif vis-à-vis de ce cation **(GALET, 1993)**.

4.4.7. Le soufre

Le soufre entre dans des molécules relativement peu nombreuses au sein de la matière vivante, mais certaines sont très importantes, essentiellement en tant que systèmes d'oxydo-réduction nécessaires à diverses réactions. Dans ce cas, il s'agit de la transformation réversible de deux radicaux sulfhydryles (forme réduite) en un pont disulfure (forme oxydée) **(MORARG *et al.*, 1980)**.

4.4.8. Les oligo – éléments

Les oligo-éléments, présents dans la plante en très faible quantité, y jouent des rôles fondamentaux sans commune mesure avec leur concentration. Ils participent au métabolisme général de la plante en intervenant dans les réactions enzymatiques comme constituants ou activateurs d'enzymes. Certains d'entre eux contrôlent des réactions d'oxydoréduction **(DELAS, 2010)**.

4.4.8.1. Le bore

Il intervient dans le transport et l'utilisation des sucres, ainsi que dans les phénomènes de fécondation, nouaison et coulure ; il est, de ce fait, très important en viticulture **(DELAS, 2010)**.

4.4.8.2. Le fer

Le fer est indispensable à la synthèse de la chlorophylle et joue donc un rôle fondamental dans la photosynthèse ; il intervient également dans des réactions d'oxydoréduction comme la réduction des nitrates, première étape de leur transformation en acides aminés, constituants essentiels de la matière vivante (**MORARG et al., 1980**).

4.4.8.3. Le cuivre, le manganèse et le zinc

Ces trois oligo-éléments ont des fonctions assez semblables dans des réactions enzymatiques d'oxydation ou de réduction indispensables à la vie végétale (**DELAS, 2010**).

Le cuivre intervient dans la photosynthèse et la biosynthèse des protéines (**DELAS, 2010**).

Le manganèse concerne essentiellement la photosynthèse et la réduction des nitrates comme dans le cas du fer, des troubles liés au manque de manganèse peuvent manifester en sol calcaire (**DELAS, 2010**).

Le zinc intervient dans la synthèse des acides nucléiques et des protéines ainsi que dans le métabolisme des auxines (régulateur de croissance) (**DELAS, 2010**).

5. Les symptômes de carence en éléments minéraux

5.1. Carence en azote

Le manque d'azote minérale est à l'origine des carences en azote. Elle peut être induite par des printemps humides et froids par une absence de minéralisation de l'azote organique (sols désherbés chimiquement) ou plus rarement par une concurrence excessive des pratiques culturales (enherbement). Cette carence (**GIRARD, 2001**).

5.2. Carence en phosphore

Cette carence est extrêmement rare dans les conditions de la pratique viticole. La carence en phosphore entraîne une réduction de croissance, sans symptômes spécifiques, mais sous serre, en milieu contrôlé, DELMAS(1971) a observé une accumulation d'anthocyanes dans les pétioles et les nervures qui rougissent, et une réduction de croissance très importante (**GALET, 1999**).

5.3. Carence en potassium

Symptômes sur feuille, rameau et grappe : le début des symptômes :

- sur jeunes feuilles : aspect huilé et brillant, bordures se recroquevillant vers le bas, décoloration du pourtour du limbe (jaune ou rouge).
- sur feuilles : « brunissure » en plaques de la face supérieure et chute des feuilles.
- sur grappes : Flétrissement des grappes pouvant aller jusqu'au dessèchement (**BUSSON, 2003**).

5.4. Carence en calcium

La carence en calcium n'a été observée que sur des vignes alimentées par des solutions nutritives sous serre ; elle est quelquefois mise en cause dans les accidents survenant en sols acides : en fait, le rôle fondamental que jouent les amendements minéraux basiques pour lutter contre les toxicités métalliques en sols acides est du à leur effet sur le pH du sol et non pas sur l'alimentation en calcium de la vigne, qui semble toujours bien assurée (**DELAS, 2010**).

5.5. Carence en magnésium

Les symptômes de déficience en magnésium se manifestent en particulier sur les vieilles feuilles, la partie du limbe contenant de la chlorophylle prend la forme d'un « V » renversé. Les fruits sont plus petits, ils contiennent moins d'élément soluble, de vitamine C et sont sensibles au froid. (**KHELIL, 2009**).

5.6. Carence en bore

La carence en bore provoque chez la vigne des manifestations spectaculaires aux graves conséquences. Ils sont caractéristiques et concernent l'ensemble des parties aériennes : sur feuilles, décoloration par plages jaunâtres ou rougeâtres pouvant évoluer en nécroses, déformation de limbe qui devient gaufré et tourmenté. (**BLOUIN, 1997**).

5.7. Carence en fer

L'intensité des symptômes est variable en fonction de l'importance du déficit d'absorption du fer. Les symptômes apparaissent en printemps, sur les jeunes feuilles de l'extrémité des pampres et s'estompent d'année en année ; on observe une décoloration respectant les nervures sur les feuilles des extrémités des rameaux. (**AVENARD et al., 2003**).

5.8. Carence en zinc

Pour cet élément, le symptôme le plus classique est celui de la petite feuille, étroite à pétiole très court ou nul, plus ou moins chlorotique, déformée avec pointe recourbée vers le haut ou le coté. La réduction de l'allongement des entre-nœuds conduit à des feuilles très groupées, jusqu'à former des rosettes au lieu de rameaux qui s'allongent (KHELIL, 2009).

5.9. Carence en manganèse

Cette carence se manifeste par le jaunissement des feuilles adultes de la partie médiane des rameaux .Le jaunissement s'accompagne de marbrures vert-jaunâtre entre les nervures et il est diffus que dans le cas d'une carence en magnésie. On observe une arborescence verte au départ des nervures secondaires des taches nécrotiques noirâtres apparaissent sur les rameaux (Figure 01) (AVENARD *et al.*, 2003).

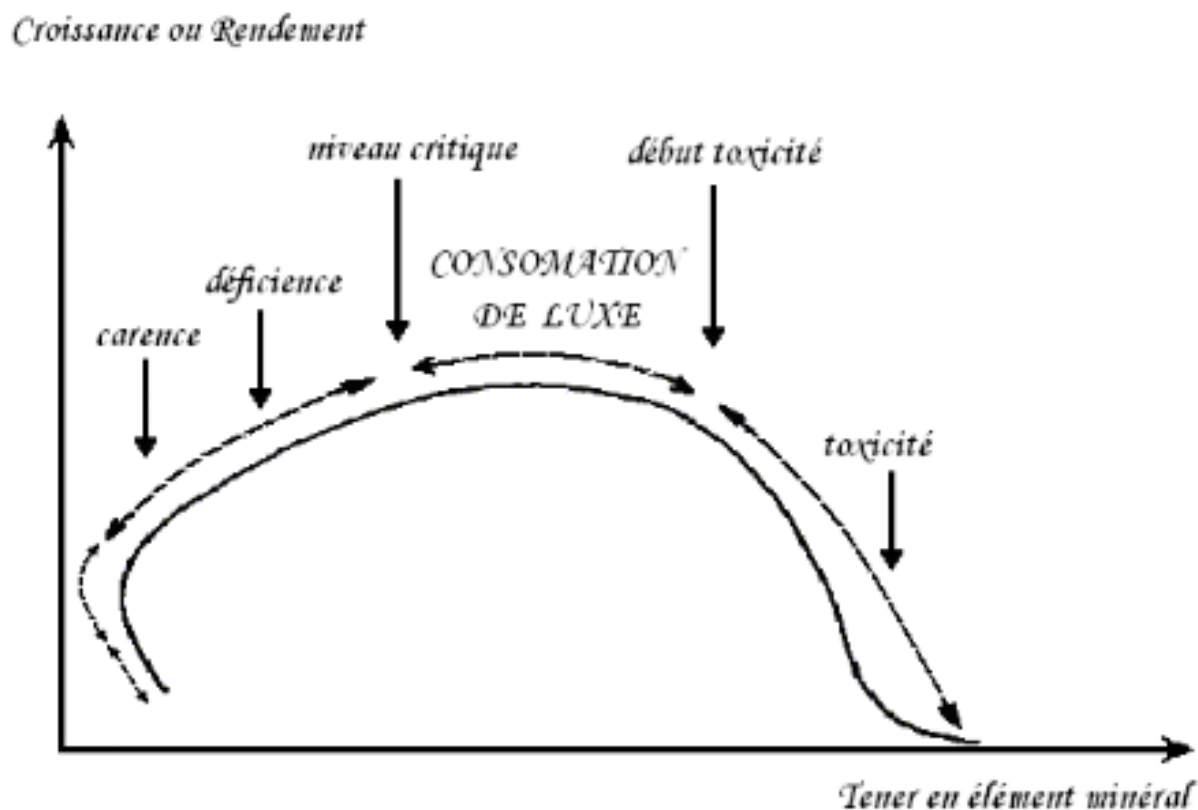


Figure 01 : Relations générales entre croissance ou rendement et teneur en éléments minéraux (PREVOT et OLLAGNIER, 1956).

6. Les outils d'aide au raisonnement de la fertilisation

6.1. La connaissance du sol

Le sol est la formation naturelle meuble de l'écorce terrestre, résultant de la transformation, au contact de l'atmosphère et des êtres vivants, de la roche mère sous jacente sous l'influence de processus physique, chimique et biologique. Si l'agriculteur a pris l'habitude d'appeler sol la seule couche travaillée, le viticulteur doit avoir conscience que par les racines de la vigne va bien au-delà **(DELAS, 2010)**.

6.1.1. Les constitutions du sol

6.1.1.1. La texture

Le sol est un mélange d'air, d'eau, de matière organique et de particules minérales. Les particules minérales et la matière organique donnent au sol ses deux plus importantes propriétés : la texture et la structure. Les termes terre jaune, terre forte, terre à patate ou terre franche qualifient la texture d'un sol. En différentes proportions, les particules de sable, de limon et d'argile donnent au sol des textures sablonneuses en passant par les lamas jusqu'aux textures argileuses. Un sol lourd retient plus d'eau, il est naturellement plus riche, mais plus sensible à la compaction et plus difficile à travailler. Un sol léger se réchauffe rapidement, s'égoutte plus facilement, mais est plus sensible à la sécheresse et à l'acidification. Il n'y a donc pas de bonnes ou de mauvaises textures : il y a des potentiels agricoles différents **(ANONYME, 2005a)**.

6.1.1.2. La structure

Elle est caractérisée par son degré de profondeur, de porosité, et de perméabilité du sol à l'air et à l'eau. Le développement et le fonctionnement des racines sont liés aux propriétés structurales du sol. Un sol à structure continue oppose une résistance importante à l'avancée des racines. Les structures fragmentaires, forment un milieu favorable au développement racinaire **(KHELIL, 2009)**.

6.1.2. Travail et mode d'entretiens du sol

Les techniques d'entretien du sol ont pour objectif de maintenir les adventices en dessous d'un seuil de nuisibilité acceptable pour la vigne, il faut alterner dans le temps et au niveau des parcelles les techniques d'entretien du sol et les programmes de désherbage **(ANONYME, 2005a)**.

L'idéal est d'adapter le programme de désherbage à la parcelle en fonction du type de flore, de sol, de topographie et de concurrence en eau **(ANONYME, 2005a)**.

Le travail et son mode d'entretien influencent la morphologie des racines, ainsi que l'absorption des éléments nutritifs et ceci d'une manière souvent plus importante que le niveau minéral proprement dit des sols (**MARTIN-PREVEL *et al.*, 1984**).

6.2. La connaissance de la plante

Pour raisonner la fertilisation, il importe d'intégrer des connaissances diverses. Dans le cas de la vigne, et du fait de ses spécificités, nous nous intéresserons d'abord à la connaissance de la plante (**DELAS, 2010**).

6.2.1. Le diagnostic foliaire

L'analyse de sol apporte peu d'information sur le niveau d'alimentation d'une vigne en place. L'analyse de différents organes de la plante est préférable pour connaître son état de nutrition minérale. On raisonne alors la fertilisation la plus équilibrée et la plus adaptée aux objectifs de production. Ces analyses seront confortées par des observations au vignoble (carences, vigueur, charge etc.) (**POUSSET, 2002**).

6.2.2. Le principe

Parmi les moyens permettant le contrôle de la fertilité du verger, le diagnostic foliaire est un excellent moyen de contrôle de la nutrition des vergers et complète les informations de l'analyse de sol (**REYSER, 1982**).

Il consiste donc en une comparaison des résultats de l'analyse foliaire de la station à étudier et des grandeurs indiquées ci-dessus, particulièrement les seuls de carence (**LEVY, 1951**).

6.2.3. L'analyse de l'organe

Lors de l'énoncé des principes de bases de cette méthode en 1927 ses promoteurs LAGATU et MAUME prélevaient et analysaient des feuilles de rang et de position déterminés, d'où le nom, de diagnostic foliaire sous lequel cette technique a été diffusée et vulgarisée, le prélèvement de feuilles reste toujours l'échantillonnage le plus répandu pour la vigne en France. La seule modification réside dans le fait qu'après avoir analysé pendant longtemps la feuille entière (limbe + pétiole), on a maintenant de plus en plus tendance à ne s'adresser qu'au limbe seul (**LOUE *et al.*, 1984**).

D'autre part certains auteurs américains ULRICH, BEATTIE et al KENWORTHY, COOK et al puis français CARLES et al DELAS, LOUE ont préconisé d'utiliser l'analyse de pétiole pour contrôler l'alimentation minérale de la vigne (**LOUE *et al.*, 1984**).

6.2.4. Date et stade de prélèvement

Au début, les prélèvements étaient effectués à quatre stades du développement de la vigne : début floraison, fin floraison, véraison et maturation. Par la suite, le nombre de prélèvements a été ramené à deux : fin floraison (nouaison) et véraison (**LOUE *et al.*, 1984**).

La tendance actuelle va d'ailleurs plus loin : certains auteurs comme GAGNARD, MONPOZAT, préconisent de n'utiliser qu'un seul prélèvement, soit le stade dit fin floraison plus 20 jours (**LOUE *et al.*, 1984**).

6.2.5. But

D'après **KHELIL (2009)**, le diagnostic foliaire permet d'évaluer l'écart entre la teneur réelle et l'optimum à atteindre.

Il consiste à analyser les feuilles des végétaux selon un protocole précis de façon à détecter des carences éventuelles en éléments minéraux. S'il met en évidence des manques ou des déséquilibres, on intervient par apport d'engrais au sol ou pulvérisation d'une solution nutritive sur les feuillages (**POUSSET, 2002**).

6.3. La pratique et la connaissance des matières fertilisantes

6.3.1. Les fumures

Le plan de fumure est l'outil qui permet au viticulteur de gérer la fertilisation des sols en fonction de ses objectifs de production et de ses contraintes. Un préalable à l'établissement du plan de fumure est de connaître les déficits du sol en fonction des besoins de la plante (**CLAUDE *et al.*, 2003**).

6.3.1.1. La fumure de fond avant plantation

La fumure de fond sera effectuée au moment du labour de défonçage, mais sans l'enfouir trop profondément, hors d'atteinte du système racinaire qui s'établira ultérieurement (**PEYNAUD *et* GAYON, 1971**).

L'important est d'assurer une bonne division des matières alimentaires afin de permettre l'exploration la plus complète de la couche meuble par les racines. L'apport du phosphore dans tous les sols, de potassium dans les sols à texture moyenne ou fine et, éventuellement, de magnésium sera fait de cette façon. La matière organique ne sera pas enfouie mais seulement incorporée au sol superficiellement afin qu'elle soit légèrement recouverte (**PEYNAUD *et* GAYON, 1971**).

La fumure de fond assurera l'épanouissement accéléré du système racinaire, tandis que la fumure d'entretien sera calculée pour compenser les exportations annuelles (**PEYNAUD *et* GAYON, 1971**).

6.3.1.2. La fumure annuelle d'entretien

La fumure d'entretien peut être annuelle ou biannuelle. La technique consiste à apporter un rang sur deux, chaque année, la dose de p+k nécessaire. Les apports peuvent être faits au labour ou, mieux, en ce qui concerne le phosphore par enfouissement en sous-solage (**PEYNAUD et GAYON, 1971**).

La fumure d'entretien comprend obligatoirement la fumure azotée, qui doit être apportée en couverture ou à faible profondeur. L'emploi de l'urée ou des ammonitrates permet de faire l'épandage en même temps de celui de phosphore et de potassium en automne. Il faut remarquer qu'une partie de l'azote de l'urée peut cependant être perdue par lessivage dans le cas de sols légers et biologiquement peut actifs (**PEYNAUD et GAYON, 1971**).

6.3.1.3 La fumure corrective

Dans les vignobles n'ayant pas reçus une fumure de font convenable, ou qui ont été soumis à des fertilisation non raisonnées, une fumure corrective s'impose à la suite de la l'apparition de troubles nutrition : symptômes de carence ou de toxicité, modification de la vigueur des souches, diminution des rendements ou bien altérations du potentiel qualitatif du raisin (acidité, matières colorantes, arômes, attaque parasites). L'origine des manifestations observées doit être recherchée par examen des symptômes foliaires et par analyses de pétioles et de sol, mais toutes les manifestations anormales observées dans un vignoble ne sont pas d'origine nutritionnelle (**DELAS, 2010**).

Le recours à la fumure corrective doit être limité dans le temps : une fumure annuelle d'entretien sera mise en route quand le diagnostic pétiole et la disposition des troubles de la nutrition révéleront un retour à la normale (**DELAS, 2010**).

6.3.1.4. La fumure foliaire

Les feuilles de la vigne peuvent absorber des éléments minéraux qui sont transportés vers leurs lieux d'utilisation. L'absorption se fait par les deux faces de la feuille au travers de la cuticule, et par les stomates pour la face inférieure : il résulte que l'absorption dépend de l'état physiologique de la feuille et varie dans la journée ; elle est maximum pour les jeunes feuilles, et quand les stomates sont bien ouvertes, le matin (une absorption de nuit se fait au travers de la cuticule, alors que les stomates sont fermés) (**DELAS, 2010**).

Ces observations sont à la base de l'utilisation de la fumure foliaire dans le traitement des carences de la vigne :

- correction des carences en oligo-éléments : en cas de carences bien identifiée, des pulvérisations foliaires de composés contenant l'élément de concerné feront rapidement disparaître les symptômes de carence et les troubles de la croissance de la vigne.
- correction des carences en éléments majeurs ; des pulvérisations de sels de potassium ou de magnésium agiront sur les symptômes de la carence et sur les troubles qu'elle provoque : mais l'action sera lente à se manifester **(DELAS, 2010)**.

6.3.2 Les amendements minéraux basiques

La norme pour les amendements basiques (NFU 44-001) oblige les fabricants à préciser l'origine du produit : produits issus de broyage, produits de cuisson par exemple : (chaux), produits issus du mélange des deux précédents. Tous les produits doivent mentionner les teneurs en oxyde de calcium (CaO), en oxyde de magnésium (MgO) et leur valeur neutralisante **(PHILIPPE et VAN LEEUWEN, 2000)**.

6.3.3. Les amendements calciques

La correction de l'acidité du sol ($\text{pH} < 6.5$) est réalisée par un apport de chaux (CaO) qui constitue de chaulage de redressement. Le pH à rechercher en viticulture est autour de 6.5 dans les sols légers, riche en silice et en humus, et autour de 7 dans des sols lourds, argileux ou limoneux. Les produits crus (calcaires ou dolomies renfermant le calcium sous forme de carbonates) : calcaires broyés 45 à 55 % de CaO, craies 50 à 55 % de CaO **(REYNIER, 2003)**.

6.3.4. Les amendements organiques

Les apports d'amendements organiques permettent d'améliorer la structure du sol, de favoriser la vie biologique du sol et d'apporter des éléments fertilisants qui seront progressivement libérés (notamment l'azote). Les apports avant plantation servent le plus souvent à redresser le taux de matière organique du sol. L'épandage sur une vigne en production vise le maintien du taux de matière organique du sol et l'apport de fertilisants sous une forme organique **(PHILIPPE et VAN LEEUWEN, 2000)**.

Une trop forte teneur peut conduire à une alimentation azotée excessive de la vigne, défavorable à la qualité du raisin. Un taux de 1 à 1.5 % constitue un bon compromis **(PHILIPPE et VAN LEEUWEN, 2000)**.

6.3.5 Les engrais

6.3.5.1. L'utilisation des engrais en Algérie

L'Algérie, malgré ses richesses, ses potentialités et ses capacités, utilise peu d'engrais comparativement au Maroc. L'utilisation semble se stabiliser autour de 45 unités d'éléments nutritifs/ha, mais reste en deçà des normes d'intensification des cultures et d'amélioration de la productivité (ASMIDAL, 2004).

Actuellement l'agriculture algérienne ne consomme que 100 000 tonnes d'éléments fertilisants environ par an alors que, selon la moyenne mondiale, la consommation devrait se situer à 850 000 tonnes par an. L'évolution de la consommation d'engrais (N, P, K) n'est pas régulière. Elle a été, durant les 40 dernières années, modifiée suite aux différentes politiques agricoles (ASMIDAL, 2004).

L'utilisation des engrais a connu trois périodes distinctes

- Une période «post indépendance» où les engrais étaient méconnus et très peu utilisés (1961-1970), période d'agriculture de subsistance (ANONYME, 2005b).
- Une période «d'utilisation très marquée» (1971-1986), période de développement de l'industrie chimique et de développement des hydrocarbures. Les engrais produits en Algérie étaient subventionnés et appliqués à prix réduits sur des terres appartenant à l'État. Cet État de fait a vu une utilisation importante d'engrais sans impact sur la production.
- Une période (1988 à 2002) de «restructuration du secteur agricole et de libéralisation du marché», ainsi que la restitution des terres nationalisées, pendant laquelle on assista presque à l'abandon des engrais. Période qui a vu une augmentation des prix des engrais coïncidant avec une dévaluation de la monnaie locale (ANONYME, 2005b).

6.3.5.2. Les engrais simples

6.3.5.2.1. Les engrais azotés

Par définition, tous les produits organiques apportent de l'azote, en plus ou moins grande quantité et plus ou moins rapidement minéralisable. Il s'agit de produits ayant une teneur en N > 6,5% (s GA U44-168 pour les «produits ayant une minéralisation potentielle de l'azote organique forte à très forte», contenant une forte proportion de MO animale (au moins 60% jusqu'à 100%) et un rapport C/N < 5. Ces produits ne participent pas du tout à l'entretien de la teneur en MO du sol. La MO qu'ils apportent est rapidement minéralisé. Ils participent à l'amélioration de l'activité biologique des sols. (CONSTANT, 2011).

6.3.5.2.2. Les engrais phosphatés

Il existe une grande variété d'engrais phosphatés, dont on exprime la solubilité dans des réactifs différents (**DELAS, 2010**).

Les phosphate naturels contiennent 26 à 33 de P_2O_5 dont au moins 55 %soluble dans l'acide formique à 2%. Les superphosphates proviennent de l'attaque des phosphates naturels par les acides sulfuriques et phosphorique, sont parmi les solubles des engrais phosphatés et conviennent aussi bien à la fumure de fond qu'à la fumure d'entretien. Les phosphates alumino-calciques (phospal) ils contiennent 32 à 34% de p_2o_5 dont 75% soluble dans le citrate d'ammonium alcalin ces engrais concentrés s'emploient surtout en sols neutre ou calcaire. Ils sont peu utilisés en viticulture (**DELAS, 2010**).

6.3.5.2.3. Les engrais potassiques

Cette catégorie regroupe les engrais enrichis en potasse dont la teneur en K_2O est $> 8\%$. Quelle que soit la source majoritaire de potasse (sulfate de potassium ou vinasse) la disponibilité du potassium est proche de 100% (**CONSTANT, 2011**).

En fumure de fond avant plantation, l'apport de potasse varie de 200 à 600 unités/ha, en fonction de l'analyse de sol. En fumure d'entretien on se contente d'apporter 40 à 100 unités/ha/an. (**DELAS, 2010**).

6.3.5.3. Les engrais composés

6.3.5.3.1. Les engrais organiques

L'utilisation des engrais organiques (fumiers, lisiers, composts, etc.) est de première importance dans la planification des cultures. Ils sont la source de fertilisants la plus commune et la plus utile (**PETIT et JOBIN, 2005**).

Les engrais organiques proviennent de diverses matières premières d'origine animale ou végétale. Les engrais composés organiques doivent contenir au moins 3% de l'un des éléments, N, P_2O_5 ou K_2O ou la somme de ces trois éléments doit être supérieure à 7% (**DEBLAY, 2006**).

6.3.5.3.2. Les engrais organo-minéraux

Ils contiennent à la fois des matières organiques végétales et/ou animales et des matières fertilisantes minérales. Leur teneur minérale en $N+P_2O_5+K_2O$ est de 7%, avec au moins 2 à 3% de l'un de ces trois éléments, et au moins 1% d'azote organique. Engrais organiques et engrais organo-minéraux sont assez largement utilisés en viticulture (**DELAS, 2010**).

Etude expérimentale

Matériels et méthodes

Matériels et méthodes

1. Présentation de lieu de l'expérimentation

1.1. Parcelle de Mziraa

Mziraa c'est une commune située à l'est de la wilaya de Biskra, c'est la plus grande région agricole qui est réputée par sa diverse agriculture dont les vignobles, les sous serres de légumes...etc. Ce vignoble (photo 01), se répand sur une superficie de 200 m², âgé de 10 ans, taillé en Cordon de royat. Les variétés que l'on trouve dans ce vignoble sont Cardinal, Muscat. Le viticulteur utilise comme matière fertilisante (100 Kg/ha/an l'engrais composé NPK).



Photo 01 : parcelle de Mziraa en repos végétatif

1.2. Parcelle de Loutaya

Loutaya c'est une commune située au nord de la wilaya de Biskra, c'est une autre région qui a été exploitée pour de différents essais agricoles dont la réussite a été un exploit surtout dans la réalisation de plantation d'oliviers de poiriers, on y trouve aussi des espèces varies de vignobles... etc.

Le vignoble (photo 02) qui nous intéresse étalé sur une superficie de 50 m² environ, âgé de 20 ans, et taillé en Gobelet. Les variétés que l'on trouve dans ce vignoble sont Sultanine, Cardinal et Kings ruby. Le viticulteur utilise comme matière fertilisante (100 Kg/ha/an l'engrais composé NPK).



Photo 02 : parcelle de Loutaya (stade de nouaison)

1.3. Parcelle de Doucen

Doucen c'est une commune située à l'ouest de la wilaya de Biskra, entre Foughala et Ouled Djallal, est une petite oasis à forte vocation agricole. Les palmiers de dattes sont la première exploitation essentielle de cette région en plus de l'exploitation de légumes et fruits dans les terres cultivées particulièrement les vignes.

Le vignoble (photo 03) que l'on a visité étalé sur une superficie de 100 m² environ, âgé de 3 ans, et taillé en Cordon de royat. Les variétés que l'on trouve dans ce vignoble sont Dattier de beyrouth, l'Ahmar Bou-Amar. Le viticulteur n'utilise pas la matière fertilisante.



Photo 03 : parcelle de Doucen (stade de nouaison)

2. Prélèvement des échantillons de sol

Au mois de mars 20/03/2014 nous sommes allés aux trois parcelles (photo 04) pour creuser à l'aide d'une tarière deux profondeurs 0- 30 cm et 30- 60 cm, en prélevant plusieurs échantillons dans chacune d'entre elles, pour mieux savoir suivre l'évolution des éléments nutritifs dans le sol. Après avoir bien différencié l'échantillon sol de l'échantillon sous-sol, environ 500 g a été prélevé et mis dans un sachet en plastique.



Photo 04: Prélèvement des échantillons de sol

Les échantillons de sol ont été séchés à l'air libre pendant 2 jours, puis broyés, homogénéisés et tamisés à 2 mm. Après tamisage, les échantillons ont été conservés dans des flacons en plastiques, jusqu'au moment des analyses.

3. Matériel végétale

3.1. Prélèvement des échantillons

Pour la réalisation de ce travail nous avons choisi les trois vignobles : Mziraa, Loutaya, Doucen sont différents entre eux, car chacun est caractérisé par les cépages, le mode de travail, l'âge, la superficie, le mode de taille, l'utilisation des engrais...etc.

3.2. Epoque de prélèvement et choix des feuilles

Les feuilles étudiées sont celles situées en face de la première grappe sur l'axe considéré (photo 05), pour chaque vignoble on le prélève de 20 feuilles entières (limbe + pétiole) durant la période de printemps (stade de nouaison) (photo 06) on considère de phase critique de cycle végétatif. Les limbes et les pétioles ont été analysés séparément (poids sec, éléments minéraux) (ANONYME, 2002).



Photo 05 : Prélèvement des échantillons végétaux



Photo 06 : stade de prélèvement (Stade de nouaison).

4. Méthodes d'analyses

4.1. Analyses physico-chimiques de sol

Les analyses physico-chimiques des sols sont réalisées au niveau du laboratoire de département d'agronomie de l'université de Biskra.

4.1.1. La granulométrie : Déterminée par le tamiseur :

Peser 100 g de terre fine à 2 mm, et on la place dans des tamis à différents diamètres (voir le tableau 01 en annexe 01).

4.1.2. Le PH (acidité de sol)

À l'aide d'un PH – mètre selon SARCAR et HALDER (2005), voir les (tableaux 02 annexe 01).

4.1.3. La conductivité électrique (CE)

À l'aide d'une conductivité mètre dans un extrait aqueux (AUBERT, 1978). Voir le (tableau 03 annexe 01).

4.1.4. Le calcaire total

Par la méthode volumétrique à l'aide de calcimètre de **BERNARD**. (tableau 04 annexe 01).

- Mode opératoire

- Peser 0.5g de sol.
- Introduire dans l'erenemayer de calcimetre.
- Préparer une solution de Hcl 50%(20 ml de Hcl, concentré + 20ml d'eau distillée).
- Remplir le tube avec l'Hcl et introduire avec précaution dans l'erenmayer.
- Fermer l'erenmayer , et verser le tube de Hcl, puis abaisser l'ampoule du calcimetre 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).
- Les mêmes étapes, pour le CaCO_3 (0.3 g) à la place du sol et lire le volume (V') (essai témoin) (**BAIZE, 2000**).

- Calculs

$$\text{CaCO}_3 \text{ (total)\%} = V. 0.3 / V'. P. 100$$

V : le volume du gaz carbonique dégagé.

V' : le volume du gaz carbonique dégagé (essaie témoin).

P : poids du sol.

4.1.5. Le calcaire actif

- Mode opératoire

- Introduire dans un bécher 5 g de sol (2.5g pour les sols calcaires).
- Ajouter 205 ml d'oxalate d'ammonium.
- Agiter pendant 2 heures puis filtrer.
- Prélever 15 ml d'extraction filtrée, les sasser dans un bicher de 250 ml.
- Ajouter 5 ml d'acide sulfurique 96%.
- Chauffer jusqu'au l'ébullition.

- Titrer avec le KMnO_4 jusqu'à l'apparition d'une coloration rose persistante.
- Répéter les opérations précédentes mais sans sol pour faire un témoin.

- Calculs

$$\text{CaCO}_3 (\text{actif}) = (n' - n) \cdot 5$$

n' : volume de titration pour témoin.

n : volume de titration pour sol.

4.1.6. La matière organique : voir (tableau 05 annexe 01).

- Mode opératoire

- Peser 1 g de sol dans un bécher de 500 ml.
- Ajouter 10 ml de bichromate de potassium 1N.
- Ajouter 20ml de l'acide sulfurique concentré.
- Laisser reposer 30 min.
- Ajouter 200 ml d'eau distillée.
- Ajouter 10 ml de l'acide orthophosphorique concentré.
- Ajouter 10-50 gouttes de l'indicateur coloré diphenylamine.
- Titrer avec le sulfate de fer d'ammonium jusqu'à l'apparition d'une couleur verte.
- Préparer un témoin avec la même méthode mais sans sol.

- Calculs

$$\text{C}\% = (n' - n) / p \cdot 1.1 (0.3/0.77)$$

n' : volume de témoin (volume de titrage).

n : volume de l'échantillon.

p : poids de sol.

$$\text{La matière organique MO}\% = \text{C}\% \cdot 1.72$$

4.1.7. Dosage de phosphore assimilable (P)

Par colorimétrie par la méthode de **JORET et HEBERT** selon **MATHIEU et PIELTAIN (2003)**.

- Mode opératoire

- Préparation de la gamme de sol

- Peser 4g de sol broyé et passé au tamis de 2mm et introduire dans un flacon de 150/200ml environ
- Ajouter 100ml d'une solution d'oxalate ammonium 0.2N et de pH 6.5 à 7.
- Agiter pendant 2 heures puis filtrer.
- Recueillir la solution dans un flacon de 100ml.

Prélever 1.5ml de la prise d'essai dans un tube à essai.

- Ajouter 2ml de réactif sulfomolybdique.
- Ajouter 6.5ml d'acide ascorbique.
- Passer les tubes au bain marie pendant 10 à 12 minutes.
- Passer au colorimètre à 650 nm.

- La gamme d'étalonnage

Les tubes à essai	00	01	02	03	04	05
Les réactifs						
KH₂PO₄	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
Oxalate d'ammonium	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
Solution sulfomolybdique	2	2	2	2	2	2
Acide ascorbique	6.5	6.4	6.3	6.2	6.1	6.0
Concentration	0	0.5	1	1.5	2	2.5

- Calculs

$$P_{\text{(assimilable)}} (\%) = X \cdot U/v \cdot V/P$$

X : concentration lue sur graphique en mg/l de phosphore.

U : volume colorimétrie (10ml).

v : volume de la prise d'essai (1.5ml).

V : volume de la solution d'extraction (100ml).

P : poids de la prise de terre (4g).

4.1.8. Dosage de potassium (K^+)

Par photomètre à flamme selon **MATHIEU et PIELTAIN (2003)**.

La teneur en (K^+) est calculée à partir des concentrations obtenues de la courbe d'étalon de (K^+) en appliquant la formule suivante.

- Préparation de solution mère

Introduire dans une fiole jaugée (1L) 1.910g de KCl, et compléter avec l'eau distillée puis agiter.

- La gamme d'étalonnage

10ppm	15ppm	20ppm	25ppm	30ppm	35ppm
1ml	1.5ml	2ml	2.5ml	3ml	3.5ml

- Calculs

$$K^+(\%) = (X.D.V)/P.10000$$

V : volume de solution d'extraction (ml).

X : La concentration calculée à partir de l'équation.

D : La dilution de la solution mère.

P : poids de la prise de terre (50g).

4.1.9. Dosage de sodium (Na^+)

Par photomètre à flamme selon **MATHIEU et PIELTAIN (2003)**.

La teneur en Na^+ est calculée à partir des concentrations obtenues de la courbe d'étalon de Na^+ en appliquant la formule suivante.

- Préparation de solution mère

Introduire dans une fiole jaugée (1L) 2.543g de NaCl, et compléter avec l'eau distillée puis agiter.

- La gamme d'étalonnage

10ppm	20ppm	40ppm	60ppm	80ppm	100ppm
1ml	2ml	4ml	6ml	8ml	10ml

- Calculs

$$K^+(\%) = (X.D.V)/P.10000$$

V : volume de solution d'extraction (ml).

X : La concentration calculée à partir de l'équation.

D : La dilution de la solution mère.

P : poids de la prise de terre (50g).

4.2. Analyses des feuilles

4.2.1. Préparation des échantillons

Dès sa réception au laboratoire (photo 07), les échantillons sont séchés en étuve électrique, à une température adaptée aux analyses de 105°C. Pour stopper les actions enzymatiques dans les tissus, la durée de séchage est de 24 heures, les échantillons sont placés dans un dessiccateur à nouveau séchés (photo 08).



Photo 07 : Prélèvement de feuilles.



Photo 08 : les feuilles sécher en étuve.

Après le séchage séparé les limbes et les pétioles sont broyés par un broyeur pour obtenir une poudre. Transporter la poudre dans un creuset en porcelaine a four à moufle pour l'incinération de degré 550°C pendant 5 heures jusqu'à l'obtention d'une cendre blanche (photo 09).



Photo 09 : Les feuilles séchées au four à moufle

4.2.2. Minéralisation

Porter 0.5-1.0 g de matière végétale séchée (cendre blanche). Sortir l'échantillon et laisser refroidir.

Transférer la cendre dans un bécher de 100 ml et ajouter 5 ml Hcl (2N), couvrir d'un verre de montre. Digérer à ébullition douce sur une plaque chauffante pendant 10 mn. Après, refroidissement ajouter 25 ml d'eau distillée, puis filtrer dans une fiole de 50 ml et avec un papier filtre whatman N042, puis ajuster avec l'eau distillée à 50 ml (**PAUWELS et al., 1992**).

4.2.3. Analyse des éléments minéraux

4.2.3.1. Dosage de phosphore

Le dosage du P se fait sur l'extrait obtenu par minéralisation, le phosphore est présent dans l'extrait sous forme d'ortho-phosphate. Avec les ions vanadate et molybdate, le phosphate forme un complexe phospho-vanado-molybdate de couleur jaune mesurable par spectrophotomètre d'onde à 430nm (**PAUWELS et al., 1992**).

- Mode opératoire

- Porter successivement dans un tube à essai.
- 2 ml de l'extrait de cendre.
- 6 ml d'eau distillée.

- 2 ml de réactif nitro-vanado-molybdate.
- Mettre dans un bain marie pendant 5 mn à 100°C, puis colorimétrie sur une d'onde de 430nm après avoir étalonné l'appareil par la gamme d'étalonnage.

- La gamme d'étalonnage

Les lectures sont comparées à celles données par une gamme d'étalon de phosphore traité dans les mêmes conditions et qui comprend généralement les teneurs suivantes :

0 ppm - 4ppm – 8ppm – 16ppm.

- Calculs

$$P_{(\text{mg} / \text{g MS})} = C_e \cdot 1/D \cdot 0.050$$

Ce : en (mg P/ ml) la concentration de l'extrait passé au spectrophotomètre à partir de la courbe d'étalonnage obtenus par voie graphique.

D : la dilution.

RE : rapport d'extraction en g/ ml : (poids d'essai de MS) / (volume extrait).

4.2.3.2. Dosage de potassium

le potassium est dosé par photomètre à flamme sur l'extrait obtenu par minéralisation selon la procédure générale après étalonnage de l'appareil avec la gamme d'étalon (**PAUWELS *et al.*, 1992**).

-La gamme d'étalon de K⁺

0 ppm – 5ppm – 10ppm – 15ppm – 20ppm – 25ppm – 30ppm.

$$K^+_{(\text{mg} / \text{g MS})} = C_e \cdot 1/ D \cdot 0.05$$

Ce : concentration de l'extrait.

D : dilution = rapport du volume de l'extrait concentré sur le volume de l'extrait dilué.

Résultats et discussion

Présentation des résultats

1. Analyses physiques du sol

1.1. La granulométrie

La méthode la plus précise pour la détermination de la texture est l'analyse granulométrique mais c'est une méthode encombrante.

Pour cela on a choisi la méthode de séparation des particules du sol par le tamiseur, d'après (MATHIEU et PIELTAIN, 2003), les particules du sol sont séparées par tamisage selon le tableau (01) en annexe (02).

Tableau 02 : Les résultats d'analyse granulométrique par tamisage.

Particules de sol (%)	parcelle du Mziraa	parcelle du Loutaya	parcelle du Doucen
Sable grossier	35.84	12.75	48.68
Sable fin	21.93	38.04	18.82
Limon grossier	36.80	30.97	25.33
Limon fin + argile	5.43	18.24	8.34

Le tableau (02) nous explique en pourcentage la texture du sol des particules grossières et fins. La parcelle de Doucen a un pourcentage élevé de sable grossier comparé aux deux autres parcelles Mziraa et Loutaya.

En outre, on voit que le sable fin est en majeure partie très important dans le site de Loutaya comparativement au site de Doucen et Mziraa.

La parcelle de Mziraa a un pourcentage élevé de limon grossier contrairement aux deux autres parcelles.

Limon fin + argile dans la parcelle de Loutaya a le pourcentage le plus élevé par rapport aux deux autres parcelles Doucen et Mziraa.

2. Analyses chimiques du sol

Selon les résultats qui sont illustrés dans les figures ci-dessous à partir des analyses chimiques du sol et sous sol et le diagnostic foliaire (limbe+ pétiole) répartis en trois vignobles dans la wilaya de Biskra, qui répond au besoin de la vigne de quelques éléments minéraux majeurs.

2.1. pH de sol

Le pH de profondeur 30-60 cm est plus élevé par rapport à celui de 0-30 cm et le témoin de la même parcelle de Loutaya (figure 02), par contre dans les deux autres parcelles Mziraa et Doucen (sol témoin sans fertilisant), le pH de profondeur 0-30 cm qui a des valeurs les plus élevés 8.09 et 8.57 pour les deux sites respectivement.

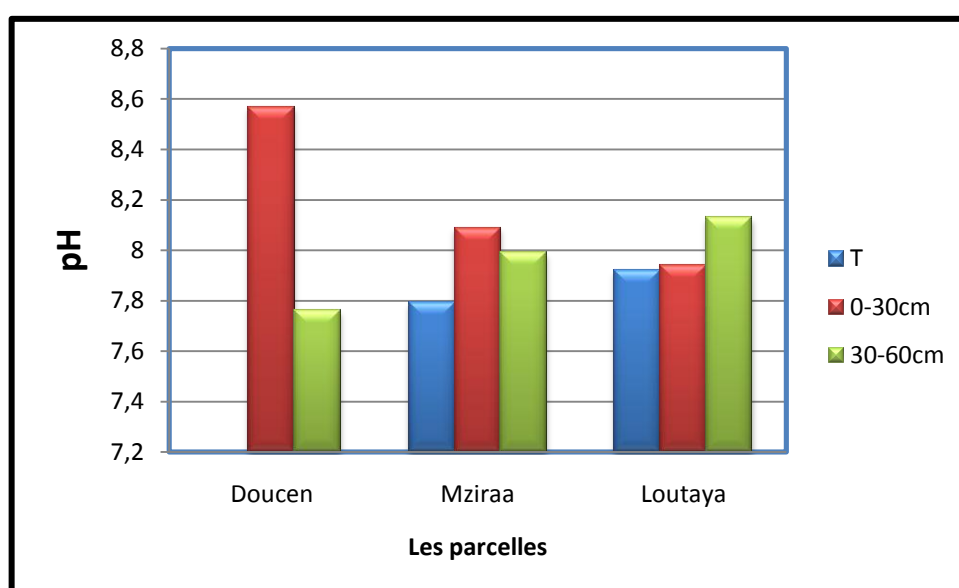


Figure 02 : Variations de pH de sol

T : témoin, (0-30cm et 30-60cm) : Les profondeurs

Selon les normes d'interprétation d'après **SARKAR et HALDAR (2005)** tableau (01) en annexe (02) le pH de sol témoin (sans fertilisant) est pratiquement très basique avec des valeurs qui varient entre 7.71 et 8.57. En comparaison avec les deux autres parcelles qui sont fertilisées qui montrent que le pH de sol est basique avec des valeurs qui sont comprises entre 7.79 et 8.13.

2.2. Conductivité électrique (CE)

Les variations de la conductivité électrique illustré dans la figure (03) montre que le sol 0-30 cm de deux parcelles fertilisées Loutaya Mziraa ont des valeurs de CE en (ms/cm) plus élevés, allant de 2.1 à 3.55 par rapport au sous sol 30-60 cm des mêmes parcelles dont la valeur indiquée 1.66 et 2.48 respectivement.

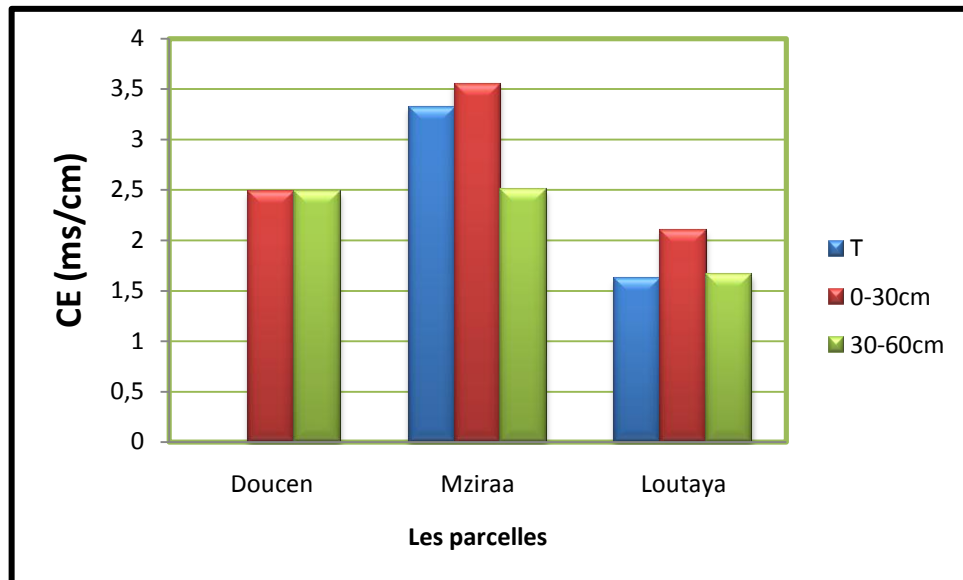


Figure 03 : Variations de la conductivité électrique de sol.

T : témoin, (0-30cm et 30-60cm) : Les profondeurs

Selon les normes proposées par **AUBERT (1978)**, La CE (ms/cm) de sol de la parcelle du Mziraa est très salé contrairement aux sols des autres Doucen et de Loutaya qui sont à peine salés.

2.3. Calcaire totale

Les résultats obtenus (figure 04) montre que le taux de calcaire totale des deux parcelles Mziraa et Loutaya qui varie entre 41.17% et 63.67%, par rapport à la parcelle de Doucen qui varie entre 12.61% et 20.23%.

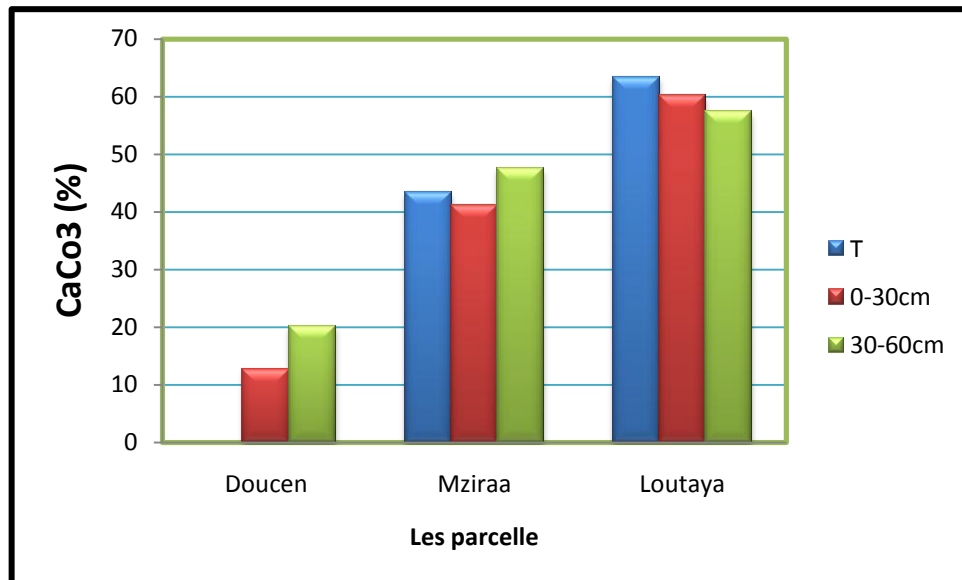


Figure 04 : Variations de Calcaire totale de sol.

T : témoin, (0-30cm et 30-60cm) : Les profondeurs

D'après **BAIZE (2000)**, qui nous a permis de classer le sol de la parcelle de Loutaya comme très fortement calcaire, Mziraa sol fortement calcaire et par contre le sol témoin de Doucen est modérément calcaire.

Le calcaire remplit dans le sol plusieurs fonctions et il est d'autant plus actif et efficace qu'il se trouve à un degré de finesse plus avancé (**BAIZE, 2000**).

2.4. Calcaire actif

La fraction de calcaire totale susceptible de solubiliser dans l'eau de sol est appelée calcaire actif. A partir de 60‰, le calcaire actif peut avoir une action chlorosante sur vigne, car il insolubilise le fer et d'autres éléments. (**AUBERT, 1978**).

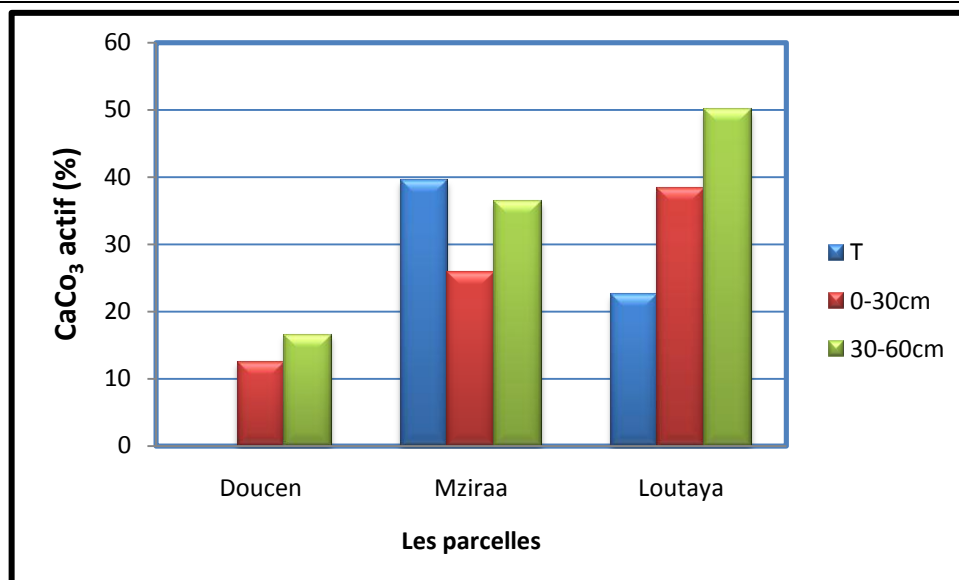


Figure 05 : Variations de Calcaire actif de sol.

T : témoin, (0-30cm et 30-60cm) : Les profondeurs

L'analyse de figure (05) montre que le calcaire actif de l'horizon 30-60cm de trois parcelles est toujours plus élevé, contrairement à l'horizon 0-30cm, on constate que le calcaire actif augmente avec la profondeur.

En comparaison avec le sol témoin (Doucen) qui montre une variation faible du calcaire actif, varie entre 12.5 à 16.5% par rapport aux sols des autres sites (Mziraa et Loutaya) la valeur est élevée qui varie entre 25.83 et 50%.

2.5. Matière organique

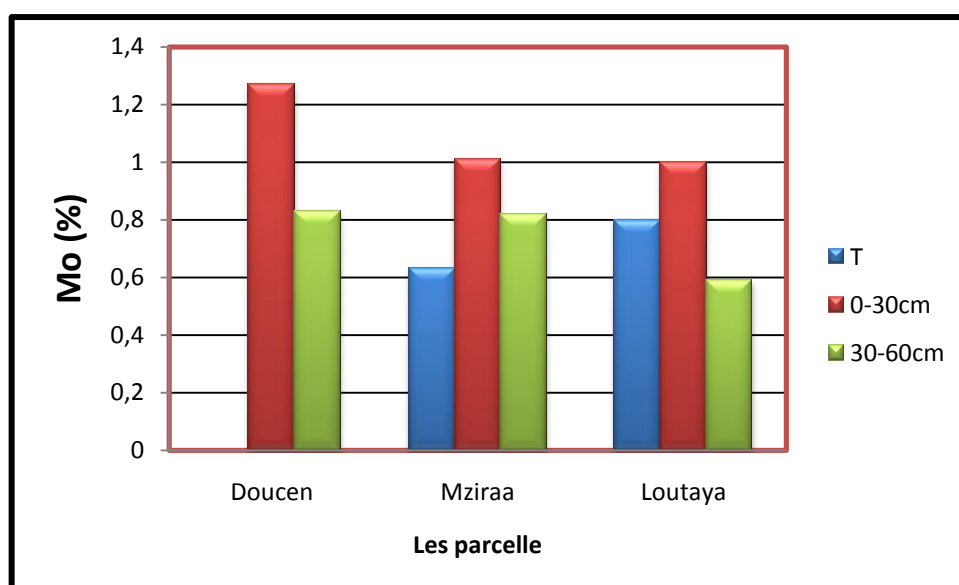


Figure 06 : Variations de matière organique de sol.

T : témoin, (0-30cm et 30-60cm) : Les profondeurs

Les résultats obtenus dans la figure (06) montrent que la valeur de matière organique est très haute dans l'horizon 0-30 cm avec une valeur comprise entre 1 et 1.27(%), entre temps on remarque une diminution de la teneur du sol en matière organique à travers l'horizon 30-60 cm.

Si on classe les valeurs obtenus d'après **I.T.A (1977)**, on trouve que les deux parcelles des vignobles de Mziraa et de Loutaya dont l'exploitant utilise la matière fertilisante sont très pauvres en MO% né an moins Doucen dont le sol n'est pas fertilisé est pauvre en matière organique

2.6. Phosphore

Les analyses du phosphore des sols sont presque toujours destinées à l'estimation des quantités disponibles pour les plantes et ont pour objectif la gestion d'une fertilisation phosphatée optimale (**BAIZE, 2000**).

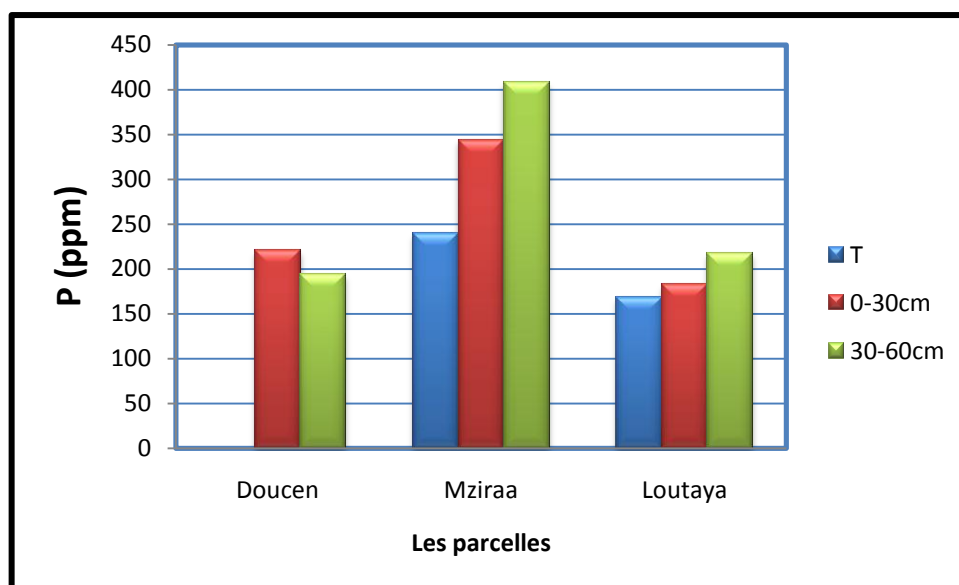


Figure 07 : Variations du phosphore de sol.

T : témoin, (0-30cm et 30-60cm) : Les profondeurs

Selon la figure (07) on remarque que le taux de phosphore dans le sol de (Mziraa et Loutaya) est élevé à l'horizon 30-60 cm de valeur entre 216.66 et 407.77 (ppm) par rapport à l'horizon 0-30 cm dont sa valeur est estimée entre 182.49 et 343.88 (ppm), en comparaison avec le sol témoin de la même parcelle est de valeur moins que celle de la parcelle étudiée.

Aussi, on voit que la parcelle de Doucen qui n'utilise pas des fertilisants montre une appréciation de phosphore dans le sol moins que les parcelles de Mziraa et Loutaya.

Si on compare la teneur de Phosphore dans les sols des trois parcelles selon (**JORET et HEBERT, 1955**), on aperçoit que (Mziraa et Loutaya) le Phosphore est élevé par rapport à la parcelle Doucen (témoin) qui est normale (tableau (06) en annexe (01)).

2.7. Potassium

Les résultats d'analyse de potassium du sol présenté dans la figure (08).

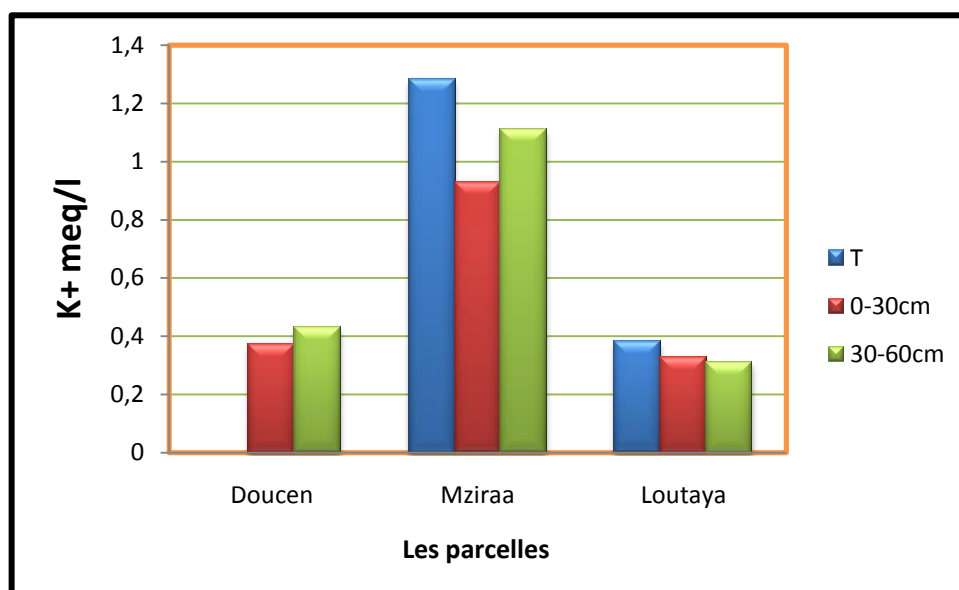


Figure 08 : Variations de potassium du sol.

T : témoin, (0-30cm et 30-60cm) : Les profondeurs

La figure (08) présente la teneur du potassium dans les parcelles de Mziraa et Doucen est élevée à l'horizon 30-60 cm de valeur varie qui entre (0.43 et 1.11meq/l) par rapport à l'horizon 0-30 cm dont sa valeur est estimée entre (0.37 et 0.93meq/l), en comparaison avec le sol de la parcelle de Loutaya le profondeur 0-30 cm de valeur (0.31 meq/l) plus élevé par rapport 30-60 cm de valeur(0.33 meq/l) .Le témoin des parcelles de Mziraa et Loutaya toujours élevé par rapport aux deux profondeur.

La migration de potasse dans le sol, est très lente. Il faudra donc veiller les doses nécessaires avant plantation. En vigne installée on préférera la localisation à 20 ou 30 cm de profondeur aux apports de surface (**CRESPY, 1992**).

2.8. Sodium

Dans le sol le sodium (figure 09) ne se trouve que dans l'état lié principalement sous forme de sel.

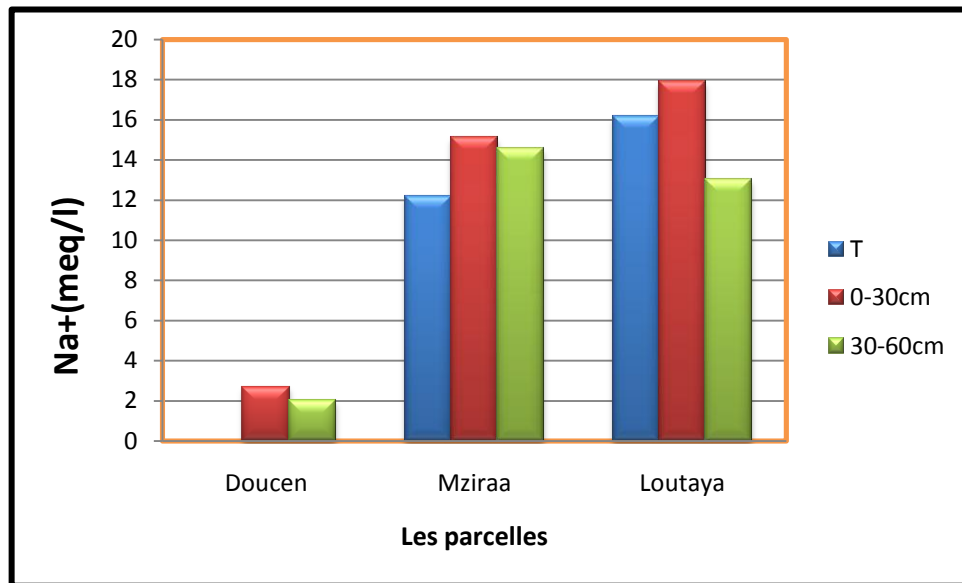


Figure 09 : Variations de sodium du sol.

T : témoin, (0-30cm et 30-60cm) : Les profondeurs

Le taux de sodium présenté dans la figure (09) est élevé à l'horizon 30-60 cm dans toutes les parcelles de valeur allant de 2.69 à 17.89 meq/l par rapport à l'horizon 0-30 cm dont sa valeur est comprise entre 2.01 à 13.01 meq/l.

On remarque que la parcelle de Doucen montre un taux de sodium très faible par rapport aux deux autres parcelles Mziraa et Loutaya.

Dans les zones arides ou semi arides il arrive en revanche souvent qu'une accumulation de Na^+ trouve lieu dans les couches superficielles du sol à cause de la forte évaporation produite qui fait migrer l'eau dans les couches superficielles du sol. Dans ce cas, la structure du sol se détériore. Cela se répercute négativement sur le bilan hydrique et l'aération du sol. (MATHIEU et PIELTAIN ,2003).

3. L'analyse du végétale

3.1. Le phosphore (P)

Résultats des teneurs foliaires (limbe et pétiole) en phosphore pour les trois parcelles sont représentés par la figure (10).

Le phosphore est nécessaire à la plante, lors de la croissance il donne la vigueur et aussi un constituant du noyau cellulaire. En outre son rôle dans la photosynthèse est fondamental. (MATHIEU et PIELTAIN, 2003).

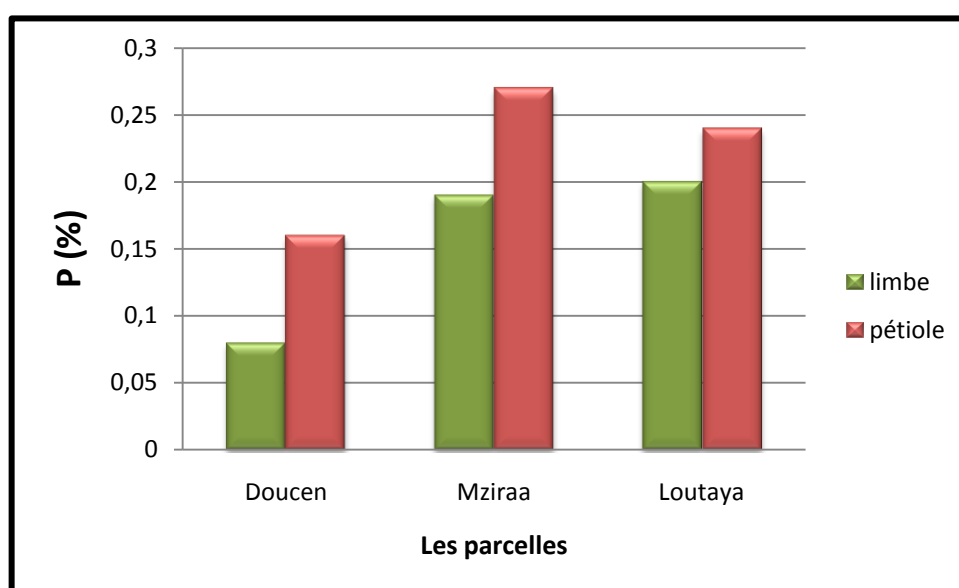


Figure 10 : appréciation de phosphore du végétale.

La figure (10) montre que la teneur en phosphore pétiole dans les trois vignobles (Mziraa, Loutaya et Doucen) est plus riche que celui de limbe.

On voit que le vignoble témoin (Doucen) sans fertilisation montre une teneur de phosphore foliaire (limbe 0.08% et pétiole 0.16%) faible par rapport aux deux autres vignobles avec fertilisation Mziraa (limbe 0.19% et pétiole 0.27%) et Loutaya (limbe 0.2 % et pétiole 0.24%).

Selon **RYSER (1982)** la parcelle témoin (Doucen) présente une valeur de phosphore très faible contrairement aux deux parcelles (Mziraa et Loutaya) qui présentent une valeur très élevée.

Bien que la vigne montre de faibles besoins en acide phosphorique, il faut cependant assurer une nutrition correcte. (CRESPY, 1992).

3.2. Le potassium (K^+)

Résultats des teneurs foliaires (limbe et pétiole) en potassium pour les trois parcelles sont représentés par la figure (11).

Le potassium est le cation le plus important quantitativement de la cellule végétale. Il intervient dans les principaux mécanismes physiologiques, la photosynthèse, la respiration et transpiration.

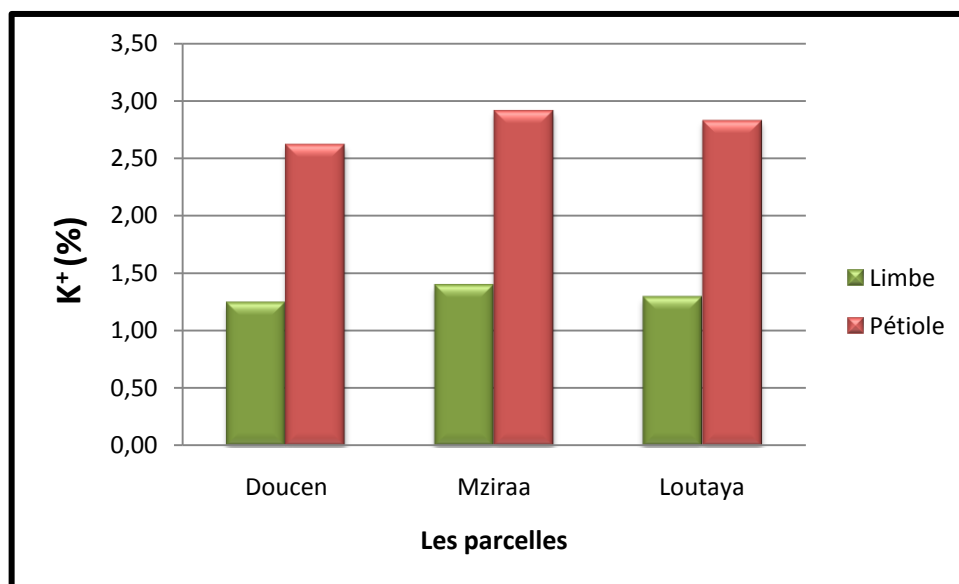


Figure 11 : appréciation de potassium du végétale.

Les résultats illustrés dans La figure (11) montrent que la teneur potassique pétiole dans les trois vignobles (Mziraa, Loutaya et Doucen) est plus riche que celui de limbe. On a prouvé que ces résultats sont aux normes de **SOYER (1996)**.

On voit que le vignoble témoin (Doucen) sans fertilisation montre une teneur potassium foliaire (limbe 1.24% et pétiole 2.62%) moins que les deux autres vignobles avec fertilisation Mziraa (limbe 1.39% et pétiole 2.91%) et Loutaya (limbe 1.28 % et pétiole 2.83%).

D'après **RYSER (1982)** et **DELAS (2010)** le vignoble témoin (Doucen) présente une valeur de potassium faible contrairement aux deux vignobles (Mziraa et Loutaya) qui présentent une valeur très bonne.

D'après les normes d'interprétations des résultats d'analyse de pétiole et de limbe prélevés à la nouaison de **Delas (1989)** et **SOYER (1996)**, La nutrition phosphatée et potassique est normale.

4. Les Corrélations

Selon les analyses statistiques (annexe 05), les corrélations trouvées sont :

- Corrélation positive significative entre le phosphore et le potassium du sol : quand le phosphore augmente le potassium augmente
- Corrélation positive significative de potassium du limbe et le potassium du pétiole : quand le potassium du limbe augmente, le potassium du pétiole augmente aussi.
- Corrélation positive significative de la conductivité électrique du sol et le potassium du limbe : quand la conductivité électrique du sol augmente le potassium du limbe augmente.

Conclusion

Conclusion

L'objectif de notre travail est d'avoir contrôlé l'état nutritionnel de la vigne dans trois vignobles établis dans la wilaya de Biskra : Mziraa, Loutaya, Doucen, en fonction des résultats de l'analyse du sol et le diagnostic foliaire.

- Les analyses physico-chimiques du sol :

- La salinité de trois parcelles.
- La solubilisation de calcaire totale induit à une augmentation du taux du calcaire actif.
- l'utilisation de la matière organique à la surface du sol, explique son augmentation dans l'horizon 0-30 cm dans les trois parcelles.
- La richesse du sol de la parcelle de Mziraa et Loutaya en phosphore et en potassium, due à l'utilisation de matière fertilisante (engrais composé NPK 15-15-15).
- On considérant que la wilaya de Biskra est une région semi aride, l'accumulation de Na trouve lieu dans les couches superficielles du sol à cause de la forte évaporation qui fait migrer l'eau dans les couches superficielles du sol.

- Les analyses foliaires:

On conclue, une bonne nutrition phosphatée et potassique dans le limbe et le pétiole dans les deux vignobles fertilisés Mziraa et Loutaya Par contre, une faible nutrition de ces éléments dans le vignoble de Doucen qui n'est pas fertilisé, et ça explique l'effet positif des engrais.

- De plus les résultats obtenus d'après l'étude statistique indique que :

- Corrélation positive significative entre le phosphore et le potassium du sol.
- Corrélation positive significative de potassium du limbe et le potassium du pétiole.
- Corrélation positive significative de la conductivité électrique du sol et le potassium du limbe.

Classiquement, l'analyse chimique permet d'évaluer la contribution potentielle du sol à l'alimentation de la plante, mais il faut souligner la nécessité de la compléter par l'analyse foliaire.

Bien loin de justifier le manque d'intérêt parfois manifesté pour la technique de la fertilisation on doit, au contraire, inciter les viticulteurs à la considérer comme un des éléments essentiels d'une production de qualité dans le cadre d'une viticulture durable.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- ANONYME., 2001.** La physiologie de la vigne : Les clés de vins de champagne. France, 100 p.
- ANONYME., 2005a.** Quelques notions de fertilisation, Conseil pour le développement de l'agriculture du Québec Longueuil, (Québec) J4H 4E7, 46 p.
- ANONYME., 2005b.** Guide pour une protection durable de la vigne, Sous direction de la qualité et de la protection des végétaux, 31p.
- AUBERT G., 1978.** Méthode d'analyses des sols. Marseille : C.R.P. p. 118.
- AVENARD J., BERNOS L., GRAND O., 2003.** Manuel de production intégrée en viticulture, 2^{ème} édition, Féret, Bordeaux, p. 91.
- BAIZE D., 2000.** Guide des analyses en pédologie. 2^{ème} édition, I.N.R.A, Paris, p 25.
- BLOUIN J. et Guimberteau G., 2000.** Maturation et maturité des raisins. Féret, pp 30-3.
- BUSSON J., 2003.** Guide de la fertilisation raisonnée. Vignobles de la Vallée du Rhône, Institut Rhodanien 2260, pp. 23-31.
- CAMPS C., 2008.** Etude transcriptomique de la vigne *Eutypa lata*, responsable de l'eutypiose. Thèse doctorat Sciances Fondamentales et Appliquées, ICBG., Bordeaux, p. 141.
- CONSTANT N., 2011.** Catalogue des engrais et amendements utilisables en viticulture biologique en Languedoc- Roussillon. Convention FAM EDP n^o 91-09-00-5051, 64 p.
- DEBLAY S., 2006.** Fertilisation et amendements. 2^{ème} édition, Educagri, pp. 31-44.
- DELAS J., 2010.** La fertilisation de la vigne. 2^{ème} édition, Féret, pp. 34-35.
- ENJALBERT H. et ENJALBERT B., 1987.** L'histoire de la vigne et du vin. Bordas, p 24.
- GALET P., 1993.** Précis de viticulture. 2^{ème} édition, Lavoisier, Paris, pp. 203-215.
- GALET P., 1999.** Précis de pathologie viticole. 3^{ème} édition, Lavoisier, Paris, pp. 203-215.
- GIRARD G., 2001.** Bases scientifiques et technologiques de la viticulture. 2^{ème} édition, Lavoisier, Paris, pp. 46-84.

- HUGLIN P et SCHNEIDER CH., 1998.** Biologie et écologie de la vigne. 2^{ème} édition, Lavoisier, Paris, pp. 370-374.
- I.T.A., 1977.** Laboratoire du sol : méthodes d'analyses phisiques et chimiques du sol et eau, Mostaganem, p 106
- JOLY D., 2005.**Génétique moléculaire de la floraison de la vigne. *Thèse Doctorat* Aspects moléculaires et cellulaires de la Biologie, Univ Louis Pasteur, Strasbourg, p 143.
- JORET G., HEBERT J., 1955.** Contribution à la détermination de besoin des sols en acide phosphorique, Agrom, pp. 233-299.
- KHELIL A., 2009.** Fertilisation des arbres fruitiers et vigne. Offices des publications universitaires, Ben Aknoun, Alger, pp. 71-92.
- MARTIN P., GAGNARD J., GAUTIER P., 1984.** L'analyse végétale dans le contrôle de l'alimentation des plantes tempérées et tropicales. Tome 1, Lavoisier, Paris, pp. 75-106.
- MATHIEU C., PIELTAIN F., 2003.** Analyse chimique des sols. Méthodes choisies. Tec et doc, Lavoisier, Paris, pp. 192-238.
- MORARG P., 1980.** Influence des porte-greffes sur la nutrition minérale de la vigne, p 638.
- POUSSET J., 2002.**Engrais verts et fertilité des sols. 2^{ème} édition, Agridécisions, Paris, p 62.
- PAUWELS J., VANRANST E., VERLOOM., 1992.** Manuel de laboratoire de pédologie : Méthodes d'analyses de sols et de plantes, équipement, Gestion de stokes de verrerie et de produits chimiques. Publication agricoles- 28 AGCD, p 265.
- PETIT J et JOBIN P., 2005.** La fertilisation organique des cultures Les bases. Fédération d'agriculture biologique du Québec ISBN, pp. 48-53.
- PEYNAUD E., GAYON J., 1971.** Sciences et techniques de la vigne. Tome 1, Dunod, Paris pp. 642-644.
- PLANCHON J.E., 1887.** Monographie des Ampélidées vraies. Monographia Phane rogamerum, p 5, 305, 364.
- PREVOT P, OLLAGNIER M., 1956.** Méthode d'utilisation du diagnostic foliaire. Analyse des plantes et problèmes des engrais minéraux. Bot. Paris, pp. 176-192.
- REYNIER A., 2003.** Manuel de viticulture. 9^{ème} édition, Tec et Doc ; Lavoisier, Paris, pp. 09-13.

REYNIER A., 2007. Manuel de viticulture. Tec et Doc ; J-B Bailière, Paris, p 406.

REYNIER A., 2011. Manuel de viticulture. 2^{ème} édition Tec et Doc, Lavoisier, Paris, p 22.

REYSER J., 1982. Vers l'utilisation pratique du diagnostic foliaire en viticulture et en arboriculture. Vitic, Arboric, Hortic, S.F.R.A., Changins, pp. 49-54.

ROBY P., VAN LEEUWEN C., 2000. Fertilisation : vigne. Synthèse Agricole, Bordeaux, pp. 123-131.

SARKAR D., HALDER A., 2005. Physical And Chemical Methods In Soil Analysis. ISBN 10: 8122427251, p 19.

SID –OTMANE T., 2009. La vigne de l'Ahaggar. I.N.R.A., Alger, pp. 1-10.

VIDAL M., 2001. Histoire de la vigne et des vins dans le monde: XIXe-XXe siècle, Féret, pp. 7-10.

Sites web :

[HTTPS://WWW.GOOGLE.FR/SEARCH?Q=PHOTOS+CARENCES+VIGNE&SOURCE=LNMS&TBM=ISCH&SA=X&EI=8J6AU5DSD4VY0QWAWOC4BQ&VED=0CAYQ_AUOAQ&BIW=1366&BIH=662](https://www.google.fr/search?q=PHOTOS+CARENCES+VIGNE&source=LNMS&tbm=isch&sa=x&ei=8J6AU5DSD4VY0QWAWOC4BQ&ved=0CAYQ_AUOAQ&biw=1366&bih=662) (21/05/2014).

[HTTPS://WWW.GOOGLE.FR/SEARCH?Q=FERTILISATION+DE+LA+VIGNE&SOURCE=LNMS&TBM=ISCH&SA=X&EI=VKKAU4XFN8SU0QWBSOAQ&VED=0CACQ_AUOAG&BIW=1366&BIH=662](https://www.google.fr/search?q=FERTILISATION+DE+LA+VIGNE&source=LNMS&tbm=isch&sa=x&ei=VKKAU4XFN8SU0QWBSOAQ&ved=0CACQ_AUOAG&biw=1366&bih=662) (21/05/2014).

Annexe

Annexe 01

LES NORMES D'INTERPRETATION :**Tableau (01) : La granulométrie : Selon (MATHIEU et PIELTAIN, 2003)**

Terre fine					Terre grossière	
Argiles	Limons fin	Limons grossiers	Sable fins	Sable grossiers	Graviers	cailloux
< 2 μ m	2- 20 μ m	20-50 μ m	50-200 μ m	0.2-2 mm	2-20 mm	>20 mm

Tableau (02) : Le pH : rapport 1/5 selon (SARKAR et HALDER, 2005).

pH	Interprétation
<3.5	Hyper acide.
3.5 - 5	Très acide.
5 - 6.5	Acide.
6.5 - 7.5	Neutre.
7.5 - 8.7	Basique.
>8.7	Très basique.

Tableau (03) : La conductivité électrique (CE) : Selon (AUBERT, 1978).

CE (ms/cm)	Interprétation
<0.6	Non salé.
0.6 - 1.2	Peu salé.
1.2 - 2.4	Salé.
2.4 - 6	Très salé.
>6	Extrêmement salé.

Tableau (04) : Le calcaire total : Selon (BAIZE, 1988).

Le calcaire total (%)	Interprétation
1%	Non calcaire.
1-5%	Peu calcaire.
5-25%	Modérément calcaire.
25-50%	Fortement calcaire.
50-80%	Très fortement calcaire.
>80%	Excessivement calcaire.

Tableau (05) : La matière organique : Selon la (I.T.A 1977).

La matière organique (%)	Interprétation
< 1	Très pauvre.
1 à 2	Pauvre.
2 à 4	Moyenne.
> 4	Riche.

Tableau (06) : Le phosphore du sol : Selon (JORET et HEBERT,1955).

Osage P ₂ O ₅	P ₂ O ₅ assimilable pour ‰
Niveau de fertilité du sol	Méthode JORET et HEBERT
Elevé	>0.30
Normale	0.18-0.22
Médiocre	0.14-0.18
Faible	0.10-0.14
Très faible	<0.10

Tableau (07) : Les normes de référence pour la viticulture, selon (RYSER, 1982).

Eléments	Très faible	Faible	Bon	Elevé	Très élevé
N en % MS	1.44 - 1.77	1.78 - 2.11	2.12 - 2.46	2.47 - 2.80	2.80 - 3.1
P en % MS	0.13 - 0.14	0.15 - 0.16	0.17 - 0.19	0.20 - 0.21	0.22 - 0.23
K en % MS	1.11 - 1.36	1.37 - 1.62	1.63 - 1.89	1.90 - 2.15	2.16 - 2.4
Ca en % MS	1.62 - 1.99	2.00 - 2.37	2.38 - 2.76	2.77 - 3.14	3.16 - 3.8
Mg en % MS	0.14 - 0.17	0.18 - 0.21	0.22 - 0.26	0.27 - 0.30	0.31 - 0.33

Tableau (08) : Norme INRA Bordeaux : en (%) MS e, éléments majeurs (SOYER.P, 1995).

Floraison	élément	Limbe	pétiole
	N	2.5	0.8
	P	0.20	0.17
	K	1.2-1.5	2.5-3.5
	Mg	0.35-0.55	0.5-0.7
	Ca	1-2	2-3

Annexe 02

Tableau 01 :L'analyse statistique : Matrice de corrélation (Pearson) :

Variables	ph	ce	caco3	caco3 a	Mo	Ps	Ks	Nas	Pvl	Pvp	kvl	kvp
ph	1	0,236	0,105	0,429	0,088	0,467	0,619	0,339	0,576	0,074	0,694	0,247
ce	-0,314	1	0,965	0,606	0,680	0,186	0,197	0,063	0,548	0,895	0,025	0,094
caco3	-0,420	0,012	1	0,290	0,093	0,964	0,826	0,288	0,091	0,140	0,497	0,107
caco3 a	0,213	0,140	0,282	1	0,814	0,491	0,478	0,044	0,035	0,252	0,316	0,145
Mo	0,440	-0,112	-0,435	-0,064	1	0,993	0,942	0,985	0,191	0,981	0,724	0,215
Ps	0,196	0,349	0,012	0,186	0,002	1	0,015	0,700	0,447	0,807	0,201	0,616
Ks	0,135	0,341	-0,060	0,191	0,020	0,593	1	0,345	0,648	0,578	0,639	0,477
Nas	0,256	-0,475	0,283	0,509	-0,005	0,104	0,253	1	0,145	0,316	0,252	0,637
Pvl	-0,151	0,162	0,436	0,528	-0,345	0,205	0,124	0,382	1	0,367	0,935	0,071
Pvp	-0,458	0,036	0,386	0,304	0,006	0,066	0,150	0,268	0,242	1	0,639	0,781
kvl	0,107	0,556	-0,183	0,268	-0,096	0,338	0,127	-0,304	-0,022	-0,127	1	0,012
kvp	-0,307	0,432	0,419	0,381	-0,328	0,136	-0,192	-0,128	0,464	0,075	0,613	1

Les valeurs en gras sont significativement différentes de 0 à un niveau de signification $\alpha=0,05$

Annexe 03

Les symptômes des carences



Figure 01 :(INRA) : carence en Potassium



Figure 02 :(INRA) : carence en calcium



Figure 03 :(INRA) : carence en magnésium



Figure 04 :(INRA) : carence en bore



Figure 05 :(INRA) : carence en fer



Figure 06 :(INRA) : carence en zinc



**Figure 07 :(INRA) : carence en
manganèse**

الملخص:

الهدف من هذه الدراسة هو تحديد الحالة الغذائية لثلاثة مزارع من الكروم تقع في ولاية بسكرة: المزيرة, لوطاية (مخصبة) والدوسن (غير مخصبة) خلال مرحلة الانعقاد باستعمال طريقة تحليل التربة والتشخيص الورقي التي خصت نصل و معلاق الورقة. أظهرت نتائج تحليل التربة أن مزرعتي المزيرة و لوطاية غنيتين بالفوسفور والبوتاسيوم مقارنة بمزرعة الدوسن .

تظهر النتائج أن تقييم الفوسفات والبوتاس في مزرعتي المزيرة و لوطاية التي يتم إخصابها, جيدة التغذية, مقارنة بمزرعة الدوسن. و هذا يفسر التأثير الإيجابي للمخصبات.

الكلمات المفتاح: مزارع العنب, التغذية, والتشخيص الورقي, نصل, معلاق, الانعقاد, التربة, التسميد.

Résumé :

L'objectif de cette étude est de contrôler l'état nutritionnelle de la vigne (*Vitis vinifera* L.) dans trois vignobles situés dans la wilaya de Biskra : Mziraa, Loutaya (sont fertilisées) et Doucen (non fertilisée) pendant le stade de nouaison en utilisant la méthode d'analyse du sol et le diagnostic foliaire (limbe et pétiole).

Les analyses du sol montrent que le sol de deux vignobles (Mziraa, Loutaya) sont riches en phosphore et potassium par rapport au sol témoin (Doucen).

Les résultats obtenus montrent que l'appréciation de la nutrition phosphatée et potassique dans les deux vignobles (Mziraa et Loutaya) qui sont fertilisées, est bonne contrairement au sol témoin (Doucen) et ça explique l'effet positif de la fertilisation.

Mots clés : vignobles, nutrition, diagnostic foliaire, limbe, pétiole, sol, fertilisation.

Abstract :

The objective of this study is to control the nutritional status of the grapevine (*Vitis vinifera* L.) in three vineyards located in the wilaya of Biskra: Mziraa, Loutaya (fertilized) and Doucen (unfertilized) during the stage of fruit set in using the method of analysis of soil and foliar diagnosis (blade and petiole).

Soil tests show that the soil of two vineyards (Mziraa, Loutaya) is rich in phosphorus and potassium compared to control soil (Doucen).

The results show that the assessment of the phosphate and potash in two vineyards (Mziraa and Loutaya) that are fertilized nutrition, good contrast to control soil (Doucen) and it explains the positive effect of fertilization.

Keywords: vineyards, nutrition, diagnostic leaf, blade, petiole, soil fertilization.