

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
Université de Constantine 1  
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie  
Département de Biologie et Écologie

N° d'ordre : .....

Série : .....

## **Mémoire**

En vue de l'obtention du diplôme de magistère en  
Biologie et Physiologie Végétale  
Option : les Bases Biologiques de la Production Végétale

**Appréciation de la nutrition minérale de quelques  
vignobles de la région de Skikda par la démarche de l'enquête.**

Présenté par : HARKAT Hamza.

Devant le jury :

Président	: Mr. BENLARIBI Mostefa.	Prof. Université de Constantine 1.
Rapporteur	: Mr. BENTCHIKOU Mohamed El Moncef.	Prof. Université de Constantine 1.
Examineurs	: Mr. BENAZIZA Abdelaziz.	M. C. A. Université de Biskra.
	Mr. KARA Youssef.	Prof. Université de Constantine 1.

Année universitaire : 2013/2014

## *Dédicace*

À la mémoire de celui qui a attendu ce jour et qui aurait tant aimé être présent mais la volonté de Dieu en a décidé autrement, qu'il accueille son âme dans son Vaste Paradis, mon défunt père HARKAT Saïd et à ma mère en signe de respect et de reconnaissance, de leur tendresse et affection, leur dévouement et sacrifice.

À mes sœurs et frères, toute la famille et à tous mes amis.

*Je dédie ce travail.*

## *Remerciements*

Avant tout je remercie Dieu, j'exprime ma sincère reconnaissance à Mr BENTCHIKOU Mohamed El Moncef, Professeur à l'université de Constantine 1, qui m'a encadré tout au long de ce travail en me faisant bénéficier de ses connaissances scientifiques et de ses conseils.

Je tiens à remercier Mr BENLARIBI Mostefa, Professeur à l'université de Constantine 1, de me faire l'honneur d'accepter de présider le jury de ce mémoire.

J'exprime mes gratitudes à Mr BENAZIZA Abdelaziz, Maître de Conférences à l'université de Biskra et Mr KARA Youssef, Professeur à l'université de Constantine 1, d'avoir accepté d'examiner ce travail.

Je ne saurais oublier de remercier Mr GUIMER Kamel, Maître de Conférences à l'université de Biskra, pour m'avoir accueilli dans son Laboratoire des Sciences Agronomiques ainsi que le personnel technique de ce Laboratoire en particulier Mr SAIDANE Hichem et Melle CHALOUAIE Naima, pour leur aide.

Comme je tiens à remercier toute personne ayant participé de près ou de loin à l'élaboration de ce travail.

## Liste des tableaux :

- Tableau 01 : Prélèvements annuels par hectare de la vigne.
- Tableau 02 : Moyennes des précipitations mensuelles (2003-2012).
- Tableau 03 : Moyennes des températures mensuelles (2003-2012).
- Tableau 04 : Résultats des analyses physiques de sols.
- Tableau 05 : Résultats des analyses chimiques de sols.
- Tableau 06 : Résultats des analyses de feuilles.
- Tableau 07 : Classes de réaction du sol.
- Tableau 08 : Appellation simplifiée des classes de sols.
- Tableau 09 : Normes d'interprétation du calcaire total.
- Tableau 10 : Normes d'interprétation de la matière organique.
- Tableau 11 : Normes d'interprétation de l'azote.
- Tableau 12 : Classes d'appréciation du phosphore assimilable.
- Tableau 13 : Normes d'interprétation des teneurs moyennes (N-V) dans le vignoble OHIO.
- Tableau 14 : Limites de variations des teneurs en N, P, K, Ca et Mg des pétioles à la véraison.
- Tableau 15 : Seuils indicatifs des teneurs pétiolaires en éléments nutritifs utilisés pour la vigne.
- Tableau 16 : Normes d'interprétation des teneurs foliaires dans les limbes de la vigne.
- Tableau 17 : Limites de variations des teneurs en N, P, K, Ca et Mg des limbes à la véraison.
- Tableau 18 : Plages de référence pour le diagnostic foliaire au stade début véraison.
- Tableau 19 : Précipitations en mm (moyennes mensuelles).
- Tableau 20 : Températures moyennes °C (moyennes mensuelles).
- Tableau 21 : Moyenne mensuelle (précipitation et température) de la période (2003-2012).

## **Liste des figures :**

Figure 01 : Relation entre la teneur en élément minérale et la masse de matière sèche formée.

Figure 02 : Situation géographique des vignobles étudiés.

Figure 03 : Diagramme Ombrothermique de Gaussen (2003-2012).

Figure 04 : Appréciation du  $K_2O$  en fonction de teneur en argile.

Figure 05 : Appréciation du  $MgO$  en fonction de teneur en argile.

Figure 06 : Courbes d'évolution d'azote.

Figure 07 : Courbes d'évolution de phosphore.

Figure 08 : Courbes d'évolution de potassium.

Figure 09 : Courbes d'évolution de magnésium.

Figure 10 : Courbes d'évolution de calcium.

Figure 11 : Courbes d'évolution de sodium.

Figure 12 : Courbes d'évolution de bore.

Figure 13 : Courbes d'évolution de Cuivre.

Figure 14 : Courbes d'évolution de zinc.

Figure 15 : Diagramme triangulaire des classes texturales du sol.

## **Liste des photos :**

Photo 01 : Symptômes d'excès d'azote (domaine Djouad).

Photo 02 : Symptômes de carence potassique (domaine Chlia).

Photo 03 : Symptômes d'infection virale (domaine de l'ITAF).

Photo 04 : Symptômes de carence potassique (domaine Chlia).

# SOMMAIRE

Page

<b>Introduction</b> .....	1
<b>Chapitre I : Revue bibliographique</b>	
1. Origine botanique de la vigne .....	3
2. Alimentation minérale de la vigne .....	3
2.1. Les besoins de la vigne en éléments minéraux.....	3
2.2. Rôle des éléments minéraux . .....	4
2.2.1. Azote .....	4
2.2.2. Phosphore .....	5
2.2.3. Potassium .... ..	5
2.2.4. Magnésium .....	6
2.2.5. Calcium .....	7
2.2.6. Fer .....	7
2.2.7. Bore .....	8
2.2.8. Cuivre .....	8
2.2.9. Zinc .....	9
2.3. Relation entre les éléments minéraux et la croissance .....	9
2.4. Accidents physiologiques d'origine nutritionnelle .....	10
2.4.1. Le dessèchement de la rafle : .....	10
2.4.2. La coulure : .....	10
3. Contrôle de l'alimentation minérale de la vigne .....	11
3.1. Diagnostic visuel.....	11
3.2. Essais de fertilisation au champ.....	11
3.3. Analyse du sol .....	11

3.4. Diagnostic foliaire.....	12
4. Principaux facteurs de la nutrition minérale.....	15
4.1. Les facteurs liés à la plante.....	15
4.1.1. L'âge des feuilles.....	15
4.1.2. Nature du cépage et du porte-greffe.....	15
4.1.3. Interactions entre les éléments nutritifs.....	16
4.2. Les facteurs du milieu.....	16
4.2.1. Influence de la nature du sol.....	16
4.2.2. Influence du climat.....	17
4.3. Les conditions culturales.....	17
4.3.1. L'irrigation .....	17
4.3.2. L'entretien du sol.....	18
4.3.3. La taille.....	18
4.3.4. La fertilisation.....	18
 <b>Chapitre II : Matériel et méthodes</b>	
1. Présentation de la zone d'étude.....	20
1.1. Situation géographique des parcelles étudiées .....	20
1.2. Climat.....	20
1.2.1. Les précipitations.....	21
1.2.2. Température .....	21
1.2.3. Diagramme ombrothermique de Gaussen.....	21
2. Matériel végétal.....	22
3. Méthodes utilisées .....	22
3.1. Questionnaire culturel .....	22
3.2. Diagnostic visuel.....	23

3.3. Prélèvement des échantillons de sols .....	23
3.4. Prélèvement des échantillons de feuilles .....	23
3.5. Techniques d'analyse.....	23
<b>Chapitre III : Résultats et discussions</b>	
1. Observation de la végétation.....	26
2. Analyse du sol .....	28
3. Analyse des feuilles .....	31
3.1. Azote .....	32
3.2. Phosphore .....	32
3.3. Potassium .....	33
3.4. Magnésium .....	34
3.5. Calcium .....	35
3.6. Sodium .....	36
3.7. Bore .....	36
3.8. Cuivre .....	37
3.9. Zinc .....	38
<b>Conclusion</b> .....	39
<b>Références bibliographiques</b> .....	41
<b>Annexes</b>	
<b>Résumés</b>	

## **Introduction :**

La vigne en Algérie reste une culture importante parmi les autres espèces arboricoles en raison de sa rusticité et de sa diversité variétale, notamment pour son fruit. La viticulture de table est en plein essor, en atteste les superficies des vignes de table recensées qui sont passées de 5240 ha en 1960 à 41 847 ha en 2002 (MADR, 2003).

Le développement harmonieux de la plante ainsi que l'augmentation des rendements tant du point de vue de la qualité que de la quantité nécessite le suivi rigoureux de l'itinéraire cultural de la culture. La fertilisation est, parmi l'ensemble de tous les autres facteurs agro-techniques, le plus déterminant sur les rendements. L'objectif principal de la fertilisation raisonnée est d'assurer une nutrition minérale convenable (normalisée) de la vigne et il ne peut être atteint que par la mise en place d'essais de fertilisation (longue durée).

Notre objectif au cours de ce travail est d'apprécier l'état nutritionnel de quelques vignobles de table de la région de Skikda durant la campagne viticole 2013, par la démarche de l'enquête qui présente l'avantage d'être rapide, ponctuelle et de statuer rapidement sur la situation.

## **Chapitre I**

# **Revue bibliographique**

## 1. Origine botanique de la vigne :

La vigne appartient à la famille des Vitacées, les plantes de cette famille sont des arbrisseaux grimpants, comme des lianes, à tige le plus souvent sarmenteuse, possédant des vrilles opposées aux feuilles. La famille des Vitacées comprend dix neuf genres parmi lesquels le genre *Vitis*, regroupant les vignes cultivées. Il est divisé en deux sections ou sous-genres : *Muscadinia* ( $n=20$ ) et *Euvtis* (*vraies vignes*) ( $n=19$ ) auquel appartient l'espèce *Vitis vinifera*. Cette espèce présente une grande diversité variétale pour la production de raisins de table, de cuve ou de raisins secs, elle est cultivée dans les zones tempérées et se multiplie bien par voie végétative, mais présente une grande sensibilité au phylloxéra et aux maladies cryptogamiques (GALET, 1991).

## 2. Alimentation minérale de la vigne :

### 2.1. Les besoins de la vigne en éléments minéraux :

La vigne nécessite pour se développer treize éléments nutritifs : sept macroéléments à savoir l'azote (N), le potassium (K), le phosphore (P), le magnésium (Mg), le calcium (Ca), le soufre (S), le chlore (Cl) et six autres à savoir le fer (Fe), le zinc (Zn), le bore (B), le manganèse (Mn), le cuivre (Cu), le molybdène (Mo) qui sont des oligo-éléments aussi dénommés micro-éléments (MARSCHNER, 1989).

Les besoins nutritifs d'une plante cultivée sont définis comme la quantité d'éléments nutritifs prélevés par la plante et nécessaire à la croissance et à l'élaboration du rendement. Dans le cas de la vigne, les prélèvements ont été déterminés à partir de l'analyse des feuilles, des rameaux et des grappes par DELAS (1989) in (DELAS, 2000), ils sont indiqués dans le Tableau 1 pour certains éléments.

Tableau 01 : Prélèvements annuels par hectare de la vigne (DELAS, 2000).

Élément	Éléments majeurs (kg)					Oligoéléments(g)				
	N	P	K	Mg	Ca	Fe	B	Cu	Zn	Mn
<b>ha/an</b>	20-70	3-10	25-70	6-15	40-80	400-800	80-150	60-120	100-200	80-160

### 2.2. Rôle des éléments minéraux :

Tous les éléments minéraux indispensables à la vigne jouent un rôle important dans son développement ; une carence de l'un d'entre eux est en mesure de freiner ou stopper la croissance de la plante (SERRANO, 2001). Une carence c'est l'insuffisance dans la plante d'un élément indispensable à sa vie, qui se traduit par des perturbations anatomiques et physiologiques (HUGUET, 1978).

### **2.2.1. Azote :**

C'est un constituant essentiel de la matière vivante végétale. Il entre dans la composition chimique des acides aminés (protéines et enzymes), des acides nucléiques (support de l'information génétique) et de toutes les substances métaboliques indispensables à la vie de la plante (chlorophylle, régulateurs de croissance...etc.) (DELAS, 2000). L'effet de l'azote sur la plante est important et rapide, c'est un facteur essentiel de la multiplication et de l'élongation cellulaire. Sa disponibilité a un effet direct sur la vitesse et la durée de la croissance végétative des pousses, le nombre et la vigueur des ramifications, ainsi que sur la croissance et le grossissement des organes reproducteurs (SOING, 2004).

La carence en azote est assez rare chez la vigne dont les besoins sont modérés (GALET, 1995). Une alimentation insuffisante de la vigne en azote peut avoir des conséquences négatives sur la qualité des raisins (SPRING et ZUFFEREY, 2007). Le manque d'azote se manifeste par un mauvais état général de la plante, un développement réduit et un jaunissement (jaune ou vert jaune) assez général du feuillage (GAUTIER, 1993) et une réduction de la vigueur des souches (REYNIER, 2007). Les possibilités de synthèse protéique sont réduites et l'absorption du potassium limitée, d'où une réduction de croissance. En fin de saison, le manque d'azote provoque une accumulation d'acide oxalique dans les feuilles entraînant des perturbations et une limitation du stockage d'amidon et réduit par conséquent, les potentialités de croissance ultérieure du cep (DELMAS, 1975).

L'excès de fumure azotée peut entraîner chez la vigne une augmentation importante de la vigueur et par voie de conséquence, accroître la sensibilité à la coulure et/ou aux attaques parasitaires (AVENARD et *al.*, 2003).

### **2.2.2. Phosphore :**

Le phosphore participe à la plupart des réactions indispensables à la vie qui demandent de l'énergie : respiration, synthèse des glucides et des protéines. Avec l'azote, c'est un constituant des acides nucléiques, supports de l'hérédité. Il entre aussi dans la constitution des phospholipides des membranes cellulaires (BLISSON, 2003). Les besoins de la vigne en phosphore sont faibles. Il est nettement moins présent dans la plante que l'azote ou le potassium, il joue un rôle primordial au cours de la floraison et de la fructification, il est très peu mobile dans le sol, mais très mobilisé par les organes jeunes de l'arbre (radicelles, pousses, fruits). Il circule en permanence et assez facilement des organes âgés vers les plus jeunes (SOING, 2004 et KHELIL, 2009).

La carence phosphorique est extrêmement rare dans les conditions de la pratique viticole. Elle entraîne une réduction de la croissance sans symptômes particuliers (BOULAY et *al.*, 1986 et DELAS, 2000). Les travaux de DELMAS (1975) en culture hydroponique ont mis en évidence une réduction du système racinaire et du feuillage, une diminution de la vigueur (croissance des rameaux) et de la fertilité des bourgeons et un retard de la maturation.

### **2.2.3. Potassium :**

Le potassium est l'élément majoritaire surtout dans les tissus jeunes (CHAMPAGNOL, 1984). Il joue un rôle particulièrement important chez la vigne, il n'entre dans la composition d'aucune substance organique (DELAS, 2000). Il contrôle les mécanismes d'ouverture et de fermeture des stomates, la régulation de la transpiration et du pH cellulaire. 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. Son abondance et sa mobilité en font le cation le plus important pour la réaction de la pression osmotique et donc de la turgescence vacuolaire (HELLER et *al.*, 1998). D'après SALSAC (1977), on le trouve à des teneurs voisines ou supérieures à celles de l'azote dans les organes en voie de croissance ; en circulation permanente dans la plante, il assure également en grande partie l'équilibre acido-basique (égalité des charges positives et négatives). D'autre part, le potassium est un activateur enzymatique intervenant dans plusieurs réactions métaboliques de la plante. Les besoins de la vigne en potassium sont très importants, dès le début du développement végétatif et reproducteur et notamment, à partir de la floraison jusqu'à la véraison, période au cours de laquelle cet élément migre des feuilles vers les baies (CHAMPAGNOL, 1984).

Le manque de potassium entraîne une réduction et une baisse de la qualité des fruits avant même l'apparition des symptômes (BOULAY et *al.*, 1986). Les symptômes de carence concernent surtout les jeunes vignes (REYNIER, 2007). Les premières manifestations apparaissent sur les feuilles les plus jeunes, à l'extrémité des rameaux. Elles présentent une décoloration avec un aspect luisant, puis un jaunissement marginale chez les cépages blancs (flavescence minérale) ou rougissement chez les cépages rouges (rougeau minéral) qui gagne progressivement les nervures et tout ou une partie du limbe en prenant une teinte plus violacée. Le limbe s'épaissit et devient lisse et cassant, le bord des feuilles s'enroule vers le bas et la feuille prend une forme de gouttière qui est le symptôme foliaire le plus caractéristique de la carence potassique (DELMAS, 1975). Par la suite, des nécroses peuvent apparaître aux points où le rougissement a commencé, les rameaux s'aoûtent mal et restent herbacés vers l'extrémité. Un autre type de symptômes foliaires en cet élément est connue sous le nom de brunissure qui apparaît plus tard sous forme de brunissements internervaires sur la face supérieure des feuilles et qui se nécrosent par la suite (DELMAS, 1971).

### **2.2.4. Magnésium :**

Le magnésium est un constituant plastique des chlorophylles et il est nécessaire pour le maintien de l'intégrité de la structure fonctionnelle des chloroplastes (GALET, 1993). Le magnésium chlorophyllien représente environ 0.1 % du magnésium total de la plante, 10 % du magnésium total des feuilles, la moitié de ce magnésium étant localisée dans les chloroplastes. Il exerce une action donc très importante dans le fonctionnement du métabolisme photosynthétique par son intervention comme activateur ou régulateur de nombreuses réactions enzymatiques du cycle de l'assimilation du carbone de l'azote et du phosphore (HUGUET et COPPENET, 1989 et SOING, 2004).

A la différence du potassium, les symptômes de carence en magnésium sont caractérisés par des jaunissements ou rougissement des bords des feuilles avec digitations internervaires se propageant sur les feuilles supérieures, rarement au dessus de la partie médiane des rameaux. En raison de l'antagonisme entre le potassium et le magnésium, l'appréciation précoce du rapport K/Mg est très fiable pour le diagnostic précoce de la carence de ces deux éléments. Il existe une relation très étroite, nette entre la valeur de ce rapport et l'apparition des symptômes sur le feuillage, la valeur du rapport K/Mg est plus précieuse pour diagnostiquer les risques de carence en Mg que la seule teneur en Mg. Ce rapport doit impérativement être inférieur à 10 qu'il s'agisse des limbes ou des pétioles et pour rester prudent plutôt inférieur à 7 d'après LEVY (1964). Selon GUILBAULT (2007), on observe une diminution de la vigueur et par conséquent de la surface foliaire ainsi qu'une diminution du rendement (phénomène de coulure) et des teneurs en sucres des baies liée à une activité photosynthétique réduite.

#### **2.2.5. Calcium :**

Le calcium est présent dans tous les organes de la vigne (GALET, 1993), il intervient avec les autres cations (potassium, magnésium) dans la neutralisation des acides organiques et la stabilité des parois cellulaires. Sous forme de pectate, il est un constituant des membranes végétales dont il assure la régulation de la perméabilité cellulaire, il activerait la pénétration du molybdène et réduirait celle de magnésium. Il intervient aussi dans la constitution de certaines protéines et enzymes telles que les phosphatases. Il jouerait également un rôle dans le déclenchement des mitoses. Cet élément a tendance à s'accumuler dans les organes en fin de croissance (âgés) du fait de sa faible mobilité (RIBEREAU-GAYON et PEYNAUD, 1971). Les besoins de la vigne en calcium sont généralement satisfaits (REYNIER, 2007). La carence en calcium n'a été observée que sur des vignes alimentées par des solutions nutritives sous serre et parfois en sols acides (DELAS, 2000).

#### **2.2.6. Fer :**

Le fer entre dans la structure de la molécule de la chlorophylle et dans toute une série de réactions enzymatiques de grande importance dans le métabolisme de la plante (catalase, peroxydase, cytochrome-oxydase, ferrédoxine-protéine, nitrate réductase, etc...) Il migre peu d'une partie de la plante à l'autre, sa réutilisation restant localisée (MARTIN-PRÉVEL et *al.*, 1984).

La carence en fer appelée également chlorose ferrique ou chlorose calcaire est un trouble du métabolisme du fer dans la plante, provoquée par un excès de calcaire dans le sol (ROBY et VAN LEEUWEN, 2000). Elle se manifeste pendant la période de croissance active de la vigne et se traduit par un jaunissement apparaissant sur les feuilles les plus jeunes des rameaux. Dans les cas de chlorose bénigne, on observe en même temps sur l'ensemble de la souche, une simple décoloration jaune pâle du limbe qui commence entre les nervures, alors que ces dernières restent vertes et qui diminue ensuite pour disparaître en fin de croissance. Dans les cas de chlorose grave, on observe un blanchiment du limbe qui gagne les nervures alors que les bords des feuilles se dessèchent et tombent. Le stade ultime correspondant à la

nécrose de la feuille entière ; la synthèse des sucres étant réduite en raison de l'altération de la fonction chlorophyllienne, la souche s'affaiblit rapidement jusqu'à la mort dans les cas les plus graves (DELAS, 2000 et REYNIER, 2007).

### **2.2.7. Bore :**

Il intervient dans le transport et l'utilisation des sucres dans la plante, il joue un rôle dans les phénomènes de la fécondation, de la nouaison et de la coulure (DELAS, 2000). Il n'est normalement absorbé que sous forme d'ion borique ( $\text{BO}_3^-$ ) et agit par formation de complexes boratés avec les sucres (MARTIN-PRÉVEL et *al.*, 1984). D'après COÏC et COPPENET (2003), le complexe sucre-borate migre plus facilement à travers les membranes cellulaires. Il est impliqué dans la synthèse des bases azotées, des acides nucléiques, des cytokinines et il est particulièrement indispensable au fonctionnement des méristèmes. Il s'accumule dans les structures florales (particulièrement dans le pistil), serait nécessaire à la germination du pollen et à la croissance des tubes polliniques (MARTIN-PRÉVEL et *al.*, 1984).

Chez la vigne, la carence en bore provoque des manifestations spectaculaires aux graves conséquences concernant des surfaces foliaires importantes (DELAS, 2000). Les symptômes sont visibles dès la floraison, par un brusque jaunissement des feuilles de la partie médiane des rameaux. Elles présentent des tâches entre les nervures de couleur jaune ou rouge vif, d'abord discrètes puis confluent en formant des digitations internervaires et des nécroses apparaissent au centre des tâches ou à la périphérie du limbe. Les jeunes feuilles restent petites, épaisses et boursoufflées entre les nervures. L'apex des rameaux se dessèche, les entre-cœurs se développent en donnant des rameaux courts. Dans les cas graves, les fleurs coulent et les inflorescences se dessèchent, les baies nouées restent petites et prennent un aspect plombé (BRANAS et BERNON, 1956). La carence en bore peut entraîner la stérilité ou la malformation des organes reproducteurs (COÏC et COPPENET, 2003). Le seuil de toxicité du bore est très souvent proche de son niveau optimum (MARTIN-PRÉVEL et *al.*, 1984). La toxicité du bore est observée dans les vignobles récemment traités contre la carence en bore (DELAS, 2000). La vigne est particulièrement sensible à l'excès de bore qui provoque chez cette dernière un développement exagéré des rameaux secondaires (entre-cœurs), ce qui donne à la souche un aspect buissonnant.

### **2.2.8. Cuivre :**

Peu mobile, il est présent dans les chloroplastes : c'est un constituant de la plastocyanine (protéine chloroplastique) qui participe au transport des électrons entre les deux systèmes photochimiques de la photosynthèse (MARTIN-PRÉVEL et *al.*, 1984). Il intervient dans de nombreuses enzymes d'oxydoréduction. Le cuivre est fortement lié aux protéines enzymatiques (COÏC et COPPENET, 2003).

La carence en cuivre est inconnue en viticulture. En effet, les sels de cuivre ont constitué l'unique moyen de lutte contre le mildiou (maladie fongique). Les résidus des traitements se sont accumulés dans les

sols viticoles, jusqu'à un niveau tel que le seul problème posé aujourd'hui par le cuivre est celui de son éventuelle toxicité dans les sols acides (DELAS, 2000).

### **2.2.9. Zinc :**

Le zinc intervient dans le métabolisme des glucides, il est nécessaire à la formation des auxines et il joue un rôle stimulateur dans la production de l'acide ascorbique. C'est un oligoélément indispensable à la croissance et à la fructification (RIBEREAU-GAYON et PEYNAUD, 1971). Il intervient aussi dans la synthèse des acides nucléiques et des protéines (DELAS, 2000). Le zinc favorise la néoformation des racines sur les boutures de vigne et augmente le nombre de racines charnues (MORETTI et *al.*, 2003).

Les symptômes de carence se caractérisent par une chlorose spécifiquement internervaire, avec une bande verte assez large le long de chaque nervure (contrairement au fer). Les feuilles carencées sont plus petites que les feuilles saines (RIBEREAU-GAYON et PEYNAUD, 1971).

### **2.3. Relation entre les éléments minéraux et la croissance :**

Plusieurs auteurs (PRÉVÔT et OLLAGNIER 1956 et DELMAS, 1975) ont établi une relation entre la teneur en éléments minéraux des feuilles et la croissance des végétaux (Figure 1) permettant de distinguer les plages nutritionnelles suivantes :

- la carence absolue (a) : l'absorption supplémentaire stimule tellement la croissance que la dilution entraîne une diminution de concentration.
- la très forte carence (b) : la croissance est suffisamment stimulée pour que la majoration des quantités absorbées ne se traduise pas par une augmentation de teneur.
- la carence relative (c) : la carence et la teneur sont l'une et l'autre majoré par l'absorption supplémentaire.
- la concentration optimale ou niveau critique (d) : au-delà du niveau critique, la croissance n'augmente plus malgré l'augmentation de concentration, on parle de consommation de luxe.
- la zone de toxicité (e) : l'alimentation surabondante se traduit par une diminution de croissance soit directement par effet toxique de l'élément, soit indirectement par antagonisme avec d'autres ions.

Le diagnostic foliaire vise à orienter la fertilisation en vue d'atteindre le rendement optimal.

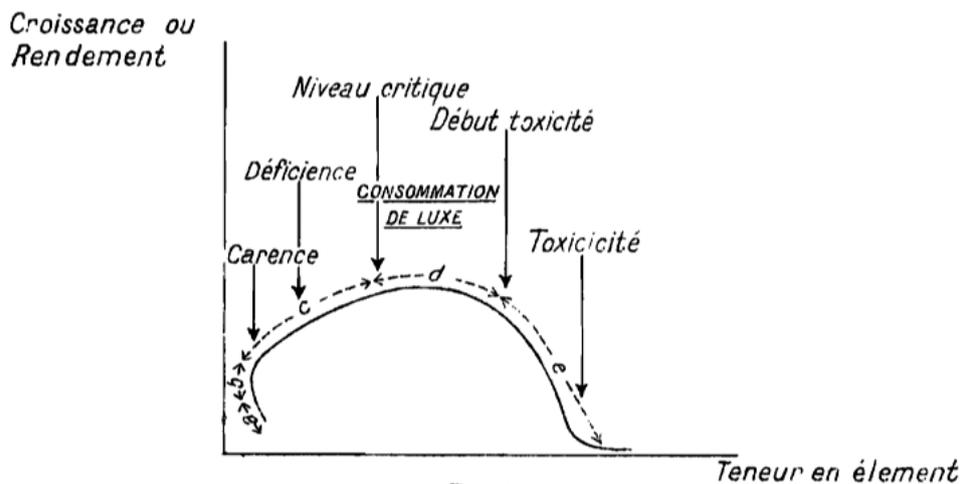


Figure 01 : Relation entre la teneur en élément minérale et la masse de matière sèche formée.

## 2.4. Accidents physiologiques d'origine nutritionnelle :

### 2.4.1. Le dessèchement de la rafle :

C'est un accident physiologique qui se manifeste au moment de la véraison par l'apparition des nécroses de couleur brune le plus souvent au niveau de l'axe principal ainsi que sur l'axe secondaire de la rafle et par la suite, par le dessèchement des parties atteintes (rafle et grains). La transition entre la zone verte et la zone desséchée est nette. Cette maladie physiologique est attribuée à une carence localisée en calcium et en magnésium des tissus de la rafle. Les vignes les plus carencées en magnésium sont les plus sensibles et le rapport K/Mg dans la rafle est élevé au moment des symptômes. D'autres travaux, ont montrés que le déterminisme du dessèchement de la rafle pouvait être de type hormonal, lié à la teneur en acide abscissique à la véraison (DELAS, 2000 ; REYNIER, 2007).

### 2.4.2. La coulure :

La coulure s'observe généralement au moment de la floraison et elle se caractérise par une chute brutale des fleurs ou des baies fécondées peu après la nouaison. Elle est attribuée à l'excès de fertilisation azotée ainsi que par certaines carences (chlorose ferrique, carence en bore). Une fertilisation raisonnée permet de réduire la coulure à des limites raisonnables d'après HUGLIN et SCHNEIDER (1998) et DELAS (2000).

## 3. Contrôle de l'alimentation minérale de la vigne :

En arboriculture fruitière et viticulture, les problèmes de nutrition s'avèrent très difficiles à appréhender, du fait de la pérennité des arbres et de leur constitution, variété associée à un porte-greffe. Les besoins de la vigne sont modérés, elle est peu exigeante, notamment dans les vignobles de qualité où les rendements à l'hectare sont limités (GALET, 1993). Pour évaluer les besoins nutritifs et juger de l'état nutritionnel des plantes, le praticien dispose de plusieurs méthodes qualitatives et quantitatives.

### **3.1. Diagnostic visuel :**

Le diagnostic est basé sur l'identification des symptômes de déficience ou de toxicité qui peuvent apparaître sur le feuillage des végétaux cultivées.

WALLACE (1956) a été le premier à réaliser des recherches physiologiques sur l'utilisation des symptômes visuels. Malheureusement, certains symptômes de carence spécifiques sont difficilement identifiables, d'autres prêtent à confusion et ceux de la chlorose ferrique peuvent être dus à différentes causes. Dans la majorité des cas de végétation anormale, il ne faut attribuer à la symptomatologie qu'une valeur indicative, laquelle doit être confirmée par des analyses foliaires et de sol (DELAS, 2000).

### **3.2. Essais de fertilisation au champ :**

DULAC (1965) à partir d'un essai de fumure sur vigne poursuivi pendant 14 ans, constate que les résultats obtenus sont en étroite relation avec les conditions pédoclimatiques et en particulier avec les variations annuelles de la pluviométrie et que le contrôle des essais de fertilisation par l'analyse foliaire apporte une contribution très importante à la compréhension des résultats culturaux. Il paraît donc logique de chercher à contrôler la nutrition minérale pour déterminer la fertilisation future en jugeant de l'effet provoqué par un apport sur un échantillon représentatif de la parcelle. Cette méthode a été conçue par BRANAS et reçu la dénomination de «Test de fertilisation » (CHAMPAGNOL, 1977).

### **3.3. Analyse du sol :**

Classiquement l'analyse chimique du sol 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 l'analyse de tous les horizons du sol colonisés par les racines susceptibles de participer à l'alimentation de la plante.

En arboriculture et viticulture, une première difficulté provient du développement fréquent du système racinaire en profondeur. La seconde n'est pas propre aux cultures pérennes et a été bien étudiée chez les plantes annuelles et concerne le problème des réactifs d'extraction des éléments minéraux du sol qui ne mesurent qu'imparfaitement le pouvoir alimentaire de celui-ci. Les limites de l'analyse du sol ne concernent qu'un de ses aspects, à savoir la difficulté d'appréciation de la disponibilité des éléments minéraux. Le niveau d'information que l'on peut attendre de l'analyse du sol n'est pas le même selon qu'elle est pratiquée avant plantation ou en cours de végétation : avant plantation, une analyse physique et chimique du sol et du sous-sol de chaque parcelle est absolument indispensable. Les résultats obtenus permettront de juger de l'apport d'engrais et/ou d'amendements destinés à restaurer les potentialités du terroir, ainsi que du choix du porte-greffe le mieux adapté aux caractéristiques du sol (pouvoir chlorosant en particulier). En cours de végétation, l'analyse est plus limitée du fait de la difficulté d'accéder aux horizons réellement exploités par les racines et du caractère conventionnel de la plupart des méthodes d'extraction des éléments minéraux. Il est illusoire de définir la fumure annuelle d'une vigne en place à partir de celle-ci. Par contre,

elle peut s'avérer utile pour résoudre des problèmes ponctuels (diagnostic d'un trouble de la végétation) ou permettre de suivre l'évolution au cours du temps de certaines caractéristiques du sol (pH et matière organique) d'après DELAS (2000).

### **3.4. Diagnostic foliaire :**

L'idée du diagnostic foliaire revient à LAGATU et MAUME (1924). Cette technique est utilisée actuellement et universellement pour le contrôle de l'alimentation minérale des végétaux cultivés. Partant du principe que la feuille est le laboratoire de la plante, la méthode consiste à contrôler l'alimentation minérale des végétaux par l'analyse des feuilles (POUSSET, 2000 ; REYNIER, 2007). Cette méthode suppose qu'il suffit de connaître la composition chimique des feuilles pour avoir une idée satisfaisante de l'état nutritionnel de la plante, il est possible de déterminer dans une certaine mesure au moins les besoins en éléments fertilisants de la plante étudiée (RIBEREAU-GAYON et PEYNAUD, 1971).

Le diagnostic foliaire constitue un progrès important et apporte une information sur les quantités prélevées et la dynamique du prélèvement. Il est d'un grand intérêt pour aborder les problèmes posés par la recherche et l'expérimentation (CHAMPAGNOL, 1977 et CHAMPAGNOL, 1984). Il traduit l'influence des apports au sol sur la nutrition minérale de la vigne et permet de déterminer nettement le sens dans lequel il conviendrait de modifier la fumure de diverses parcelles déficientes, pour établir chez celles-ci un état nutritif convenable se rapprochant de l'optimum (BOVAY, 1960). Il permet de vérifier qu'un élément fertilisant apporté a bien été prélevé par la plante, de savoir s'il a modifié l'absorption d'autres éléments ou bien de connaître l'influence d'une technique culturale sur la composition minérale de la plante. Le diagnostic foliaire est un outil très efficace pour établir ou confirmer un diagnostic de carence de certains éléments ou pour déceler des déséquilibres nutritionnels. Le viticulteur s'assure que la fumure pratiquée se traduit par des teneurs dans les feuilles conformes à des normes de référence. Si tel n'est pas le cas, il devra, soit augmenter ou diminuer la dose d'apport de l'élément ; il vérifiera une, deux ou trois années après l'efficacité de la modification de la dose par une nouvelle analyse foliaire (DELAS, 2000).

Cette technique permet de "demander à la plante", si le sol et la fumure lui ont fourni suffisamment d'éléments nutritifs et si ces différents éléments dont la plante a besoin se trouvent dans des proportions correctes, la plante nous donnera des informations fiables sur son statut nutritionnel général à la date de prélèvement des échantillons. C'est ainsi qu'elle indique, le cas échéant, ses besoins supplémentaires en engrais (HELLER et al., 1998).

Cependant les renseignements fournis par le diagnostic foliaire, ne sont pas toujours exploitables d'un part, parce qu'il n'y a pas de relation étroite entre la teneur d'un organe foliaire en élément et l'efficacité physiologique de cet élément et d'autre part, parce que certains sols ne repercutent pas au niveau de la plante l'enrichissement dont ils sont l'objet (CHAMPAGNOL, 1977).

Selon DELAS (2000), en l'état actuel des connaissances, il est difficile de passer d'une teneur en élément minéral dans les organes foliaires à une dose d'engrais à apporter au sol ; l'utilisation directe du diagnostic foliaire pour fixer la fumure de la vigne n'est donc pas possible, mais une utilisation indirecte est tout à fait envisageable. Le diagnostic foliaire pratiquée à la véraison donne des résultats trop tardifs et ne permet pas une intervention immédiate pour corriger les troubles de la nutrition ; en outre, dans la feuille le diagnostic foliaire ne permet pas de connaître le niveau d'alimentation ferrique du cep.

Selon (MARTIN-PRÉVEL *et al.*, 1984), les résultats de cette méthode sont fortement dépendants du moment et de l'endroit du prélèvement des échantillons ainsi que du matériel végétal. Il n'existe pas encore de méthode qui permet de standardiser les valeurs mesurées.

Si le diagnostic foliaire signale des anomalies de la nutrition, il ne rend pas compte de leurs origines (GAUTIER, 1993) et lorsqu'il permet de reconnaître qu'un élément est déficient, il n'indique pas obligatoirement le correctif à appliquer (GOUNY, 1956) in (MARTIN-PRÉVEL *et al.*, 1984).

La composition chimique des feuilles varie suivant leur position sur la tige, autrement dit suivant leur âge. Il est donc essentiel de toujours choisir des feuilles dont la position sur le rameau est rigoureusement identique. Théoriquement, on peut prélever n'importe quelle feuille, mais du point de vue pratique afin de faire des comparaisons, il est indispensable de choisir des feuilles de même rang sur le rameau. En ce qui concerne la vigne, plusieurs méthodes d'échantillonnage ont été proposées : LAGATU et MAUME (1924) préconisent de prélever les deux premières feuilles situées à la base des rameaux ; pour LELAKIS (1958) : c'est les feuilles à l'opposé des grappes (4<sup>ème</sup> et 5<sup>ème</sup> nœuds) qui sont prélevées ; BOVAY (1960) propose de prélever la feuille qui est située à l'opposé de la grappe inférieure et les époques ont été limitées à quatre prélèvements (début floraison, fin nouaison, début véraison, maturité des raisins) ; alors que LÉVY (1964) réduit le nombre de prélèvements à deux (nouaison et véraison) qui sont les stades végétatifs les plus critiques chez la vigne du point de vue physiologique (les analyses chimiques concernent la feuille entière, limbe et pétiole). Pour DELAS (1968) il n'est plus que d'un seul prélèvement (au moment de la véraison) et les dosages ne sont effectués que sur le pétiole (diagnostic pétiole) qui s'est s'avéré refléter mieux que le limbe les différences de la composition minérale des feuilles (BEATTY et FORSHEY, 1954 ; LARSEN *et al.*, 1955 ; CARLES *et al.*, 1964 ; WOBRIDGE et CLORE, 1965 ; DELAS, 1968 ; LOUÉ, 1968 ; DELAS, 1979).

D'autres auteurs ont cherché à relier les résultats d'analyse du sol et ceux des feuilles ; dans la plupart des cas, aucune relation nette n'a été observée. Des corrélations entre les deux méthodes en général ont été obtenues en situation extrême (carence ou toxicité) à condition d'analyser un ou deux horizons du sol (sol et sous-sol) et mettre en œuvre un outil statistique performant (DELAS, 2000).

En Algérie le premier travail sur le diagnostic foliaire a été entrepris par ALDEBERT (1958) qui a abouti à l'établissement des normes de référence pour le vignoble métropolitain (Mitidja et coteaux

algérois), les normes mises au point par cet auteur pour l'azote et le phosphore sont voisines de celles de LAGATU et MAUME (1924) et inférieures pour le potassium. Plusieurs travaux par la suite ont été réalisés en Algérie, on peut citer ceux de **HAMDI-PACHA (1976)**, ALIOUA (1980), BENTCHIKOU (1981), TOUMI (1988), LAIADI (2001), SIMEZRAG (2005) et TOUMI (2006).

#### **4. Principaux facteurs de la nutrition minérale :**

Les principaux facteurs ayant un impact sur la nutrition minérale des végétaux peuvent se rattacher soit à la plante elle-même, soit aux conditions du milieu (notamment le sol et le climat) et aux conditions culturales (FADER, 2003).

##### **4.1. Les facteurs liés à la plante :**

###### **4.1.1. L'âge des feuilles :**

Au cours de la vie de la feuille, sa composition minérale varie considérablement. LAFON et *al.* (1965) ont suivi cette évolution par dix prélèvements effectués tous les 15 jours à partir du 30 mai, les résultats des teneurs en éléments minéraux dans les feuilles d'Ugni Blanc montrent qu'il existe un profil d'évolution des éléments minéraux en fonction de la sénescence des feuilles, l'évolution de l'azote, du phosphore et du potassium tend à la baisse au cours du cycle végétatif, elle est régulière et beaucoup plus marquée pour le potassium et l'azote que pour le phosphore. Celle du calcium et du magnésium tend à la hausse avec la sénescence des feuilles, elle est très nette pour le calcium.

###### **4.1.2. Nature du cépage et du porte-greffe :**

De nombreux aspects du comportement de la vigne sont sous la dépendance du greffage (effet greffon et effet porte-greffe), notamment des possibilités d'adaptation au milieu, résistance à la sécheresse, sensibilité à la chlorose ferrique, aux carences et toxicité (LÉVY, 1975 et DELAS et POUGET, 1979).

Le greffage modifie la nutrition minérale de la vigne, la sensibilité aux carences, la réponse aux fumures. Les teneurs en éléments minéraux des limbes et des pétioles sont le résultat d'un double effet (greffon et porte-greffe) (BOVAY et ISOZ, 1965 ; FREGONI et *al.*, 1972 ; DELAS et POUGET, 1979).

Une absorption différenciée a été observée selon le porte-greffe utilisé pour la même variété par MORARD et *al.* (1980). Ceci est confirmé par DELAS et POUGET, (1979) à partir des greffages réciproques qui ont observé que les teneurs minérales enregistrées étaient le résultat de la capacité d'absorption par les racines du porte-greffe et la capacité d'accumulation par les feuilles du greffon.

KHELIL (1975) a mis en évidence sur la variété Cinsaut (soumise à des concentrations différentes de NaCl) que la nature variétale ou spécifique du porte-greffe a une influence sur la nutrition minérale du greffon et peut réduire ou accroître la sensibilité de la vigne au sel.

La détermination de l'indice de pouvoir chlorosant (IPC) d'un sol selon POUGET et JUSTE (1972) est déterminante dans le choix du porte-greffe (rapport entre le calcaire actif et le fer facilement extractible).

#### **4.1.3. Interactions entre les éléments nutritifs :**

Selon MARTIN-PRÉVEL *et al.* (1984), l'absorption d'un élément minéral ne se fait pas d'une manière totalement indépendante de celle des autres éléments. Le potentiel d'assimilation spécifique d'une espèce végétale et la disponibilité des éléments fertilisants dans le sol sont perturbés par les interactions. Le cas le plus fréquent est l'antagonisme (une teneur de l'un des éléments trop élevée dans la plante ou le sol peut freiner voir empêcher, l'absorption d'un autre élément) et le synergisme (la présence d'un élément favorise l'absorption de l'autre)

D'après OLUF *et al.* (1990), la plante est capable jusqu'à un certain point, de contrôler ses prélèvements d'éléments nutritifs. L'équilibre entre les éléments dans la solution du sol influence les prélèvements racinaires.

Du point de vue de la nutrition minérale de la vigne, l'antagonisme entre le potassium et le magnésium revêt une très grande importance. LEVY (1964), DELAS et MOLOT (1965), DELAS (1968), DELMAS (1975) et BOULAY *et al.* (1986) ont introduit la valeur du rapport K/Mg dans le diagnostic foliaire de la vigne comme critère pour l'évaluation de l'équilibre nutritionnel de la plante.

D'autres interactions sont signalées : entre le K et le Ca (FREGONI *et al.*, 1972), le K et le Ca+Mg (GAUTIER, 1980 et MORARD *et al.*, 1980), le N et le K (STEINECK, 1974 ; LOUÉ, 1979 et LOUÉ, 1980), le K et le Na (HEIMANN et RATNER, 1962 et SALAMA, 2004), le P et le Fe (DELMAS, 1975 ; KOZMA *et al.*, 1980) et le P et le Zn (POMMEL, 1979).

#### **4.2. Les facteurs du milieu :**

##### **4.2.1. Influence de la nature du sol :**

Les caractéristiques physico-chimiques du sol influent sur les possibilités d'absorption des éléments nutritifs par les racines. D'après LÉVY (1965) le niveau d'absorption du potassium par la vigne dépend beaucoup plus de la texture granulométrique des sols que de leur composition chimique. L'alimentation potassique moyenne augmente considérablement avec la proportion des sables dans le sol. Les phénomènes de carence potassique apparaissent le plus souvent en sols très argileux, même apparemment bien pourvus en potassium échangeable (LÉVY, 1964 et ROCHAIX, 1970). Il en est de même pour le magnésium où l'apport de magnésie en sol sableux entraîne un accroissement notable du taux de magnésium dans les limbes et les pétioles, ainsi que la disparition des symptômes de carence et l'augmentation du rendement (DELAS et MOLOT, 1965).

Le pH du sol influe considérablement sur l'absorption des éléments minéraux. L'augmentation du pH dans le sol se traduit par une diminution des teneurs en azote des feuilles, du potassium et du magnésium

(très faible), alors que celle du phosphore reste constante (FREGONI, 1975). Par ailleurs, la disponibilité des éléments minéraux est très perturbée dans les sols alcalins (blocage, formes inassimilables).

La capacité d'échange de cations détermine la quantité de cations que le sol est capable d'adsorber et permet de connaître le taux de saturation du complexe argilo-humique. D'après LOUÉ (1976), l'absorption des cations par les racines est étroitement liée à la capacité d'échange du sol et du sous-sol.

L'absorption des éléments minéraux par les racines est d'autant plus favorisée que les sols sont convenablement pourvus en matière organique. En plus de son caractère d'indicateur d'évolution du sol, la fertilité physique, chimique et biologique du sol sont améliorées (DELAS, 1974 ; SEBILLOTTE, 1982 et ROBY et VAN LEEUWEN, 2000).

#### **4.2.2. Influence du climat :**

L'impact du climat (lumière, température et pluviométrie) est déterminant dans l'alimentation minérale de la plante. Toutes les fonctions physiologiques de la plante sont régulées par les facteurs climatiques (SCHEIDECKER, 1959 ; FERGONI, 1975 ; CHAMPAGNOL, 1984 ; MARTIN-PRÉVEL et *al.*, 1984).

#### **4.3. Les conditions culturales :**

##### **4.3.1. L'irrigation :**

L'humidité du sol agit également sur la nutrition minérale des plantes (FORESTIER, 1986). L'alimentation en eau de la vigne a un rôle prépondérant dans l'absorption de divers éléments minéraux (HUGUET, 1977 et MARTIN-PRÉVEL et *al.* 1984).

##### **4.3.2. L'entretien du sol :**

Le mode du travail du sol exerce une influence sur le contenu en éléments minéraux de la feuille. Il en est ainsi de l'enherbement qui exerce une action favorable sur la teneur des feuilles en phosphore et en potassium (MARTIN-PRÉVEL et *al.*, 1984), alors que dans certaines situations, il provoque des effets dépressifs sur la vigne, attribués à une trop forte concurrence pour l'eau ou pour les éléments nutritifs entre l'herbe et la vigne. Pour DELAS (1991), ce mode d'entretien du sol est utile pour limiter une vigueur excessive.

##### **4.3.3. La taille :**

Pour DULAC (1964), il est important de réaliser un équilibre alimentaire correct en adaptant la taille à la vigueur de chaque souche. Toute augmentation de la production entraîne un accroissement des exigences de la plante et provoque un appel supplémentaire d'éléments minéraux. L'augmentation de la charge en fruits d'une souche affaiblit sa vigueur en réduisant son alimentation minérale, réduction qui ne se manifeste pas avec la même intensité. Si l'augmentation de la charge a peu d'influence sur la teneur en azote

des feuilles, par contre, elle peut entraîner une chute très importante des teneurs en phosphore et en potassium, d'après LÉVY *et al.* (1972) et EIFERT (1972).

#### **4.3.4. La fertilisation :**

Les troubles de la nutrition semblent être la conséquence de l'absence de fumure ou d'une fumure mal adaptée, parfois de la localisation des apports réalisés trop loin des racines et dans certains cas du manque de l'efficacité des engrais. L'objectif de la fertilisation se résume à fournir à la vigne ce qui lui manque dans un milieu donné, à restituer ce qui a été prélevé par les diverses voies d'exportations (vendange, feuilles, bois de taille) et de constituer des réserves dans le sol en vue de maintenir le potentiel agronomique du terroir, pour bien répondre aux objectifs qualitatifs et quantitatifs des rendements (DELAS, 2000 et REYNIER, 2007).

C'est l'objectif que vise la fertilisation raisonnée à travers les différents types de fumure utilisée au sol (fond, entretien, redressement ou corrective et extra-radiculaire ou foliaire).

## **Chapitre II**

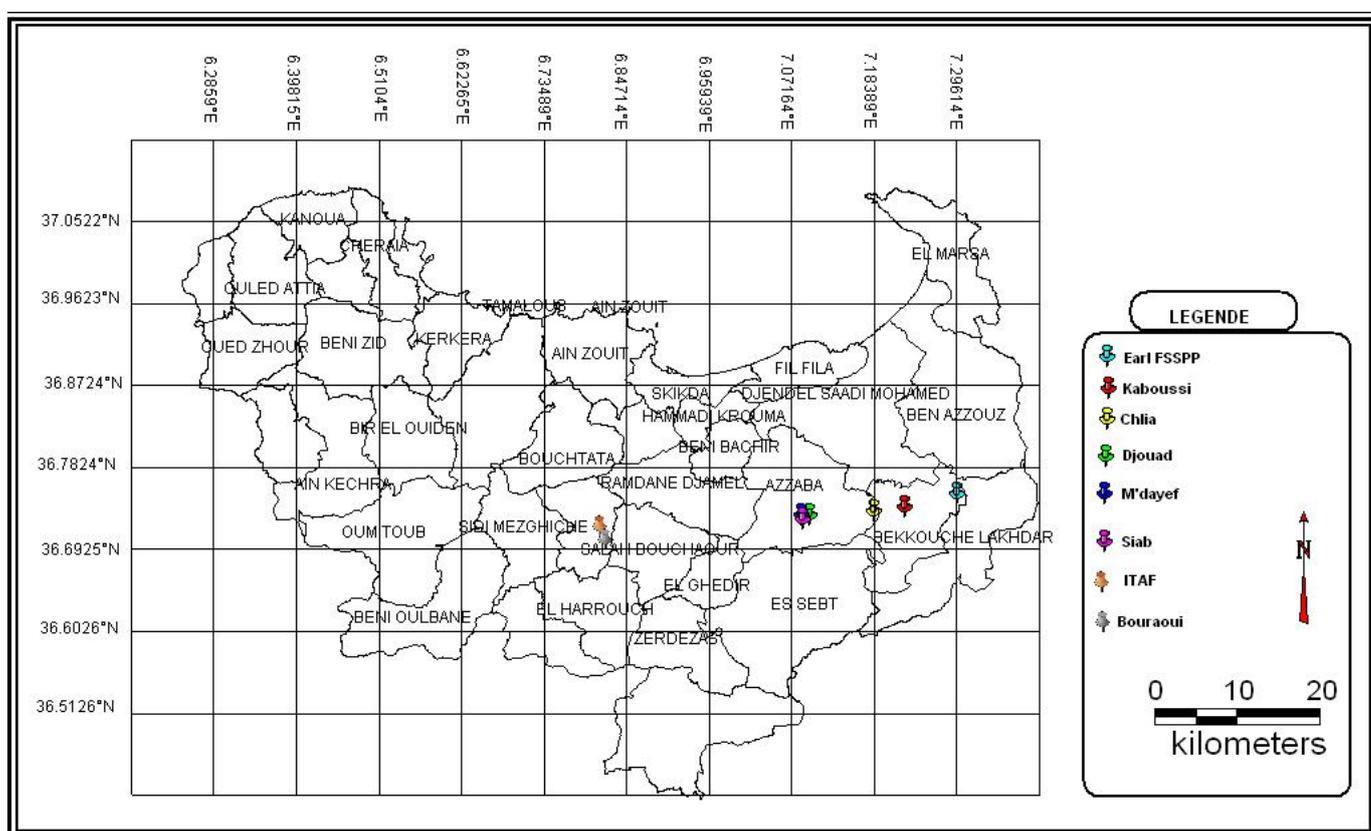
# **Matériel et méthodes**

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

### 1.1. Situation géographique des parcelles étudiées :

Après une enquête préliminaire concernant la fertilisation de la vigne dans la région, nous avons choisi pour notre étude huit domaines répartis sur trois différentes zones viticoles de la région (Figure 02) qui sont respectivement : les domaines de Djouad Chaabane, M'dayef Khmisse et Siab Hamid dans la zone viticole de Menzel Ammar Bendich (daïra de Azzaba) ; la parcelle N° 2 de la catégorie pré-base de la ferme de démonstration de l'institut technique de l'arboriculture fruitière et de la vigne (ITAFv) et le vignoble de la ferme pilote de Bouraoui Mohamed (commune de Medjez-edchich, daïra d'El harrouch) et les domaines Chlia Mohamed, Kaboussi Razik et l'Eurl FSPP (commune d'Ain Charchar daïra de Azzaba).

Figure 02 : Situation géographique des vignobles étudiés.



### 1.2. Climat :

Pour étudier les caractéristiques climatiques, nous sommes basés sur une série de mesures s'étalant sur les dix dernières années (2003-2012) (Annexe 6).

#### 1.2.1. Les précipitations :

La pluie est un facteur climatique très important qui conditionne l'écoulement saisonnier et influence directement le régime des cours d'eau ainsi que celui des nappes aquifères. La région d'étude est parmi les

régions les plus arrosées du pays. Les précipitations sont relativement importantes, variables et irrégulières d'une année à une autre. Le mois le plus pluvieux est décembre. Les moyennes mensuelles sur 10 années sont indiquées dans le Tableau 02.

Tableau 02 : Moyennes des précipitations mensuelles (2003-2012).

	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUN	JUL	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC	Moy annuelle
<b>Pp (mm)</b>	134,98	93,30	83,39	65,49	34,36	9,59	1,20	13,30	64,84	70,87	99,65	140,16	811,13

### 1.2.2. Température :

Les températures moyennes sur 10 années sont indiquées dans le Tableau 03.

Tableau 03 : Moyennes des températures mensuelles (2003-2012).

	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUN	JUL	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC
<b>Minima (m)</b>	10,20	9,50	12,71	14,69	16,95	21,70	24,80	24,94	22,92	19,50	15,10	12,50
<b>Maxima (M)</b>	13,70	14,50	14,90	18,20	21,00	25,50	28,10	29,20	24,60	22,90	18,30	15,60
<b>T moy °C</b>	12,22	12,07	14,01	16,72	19,46	23,02	26,11	26,58	23,90	21,38	16,78	13,58

### 1.2.3. Diagramme ombrothermique de Gausson :

L'analyse des deux paramètres climatiques (température et précipitation) nous permet de tracer la courbe ombrothermique de la région considérée (Figure 03) qui met en évidence deux périodes : l'une sèche (s'étalant du mois de Mai jusqu'à août) et l'autre humide (de septembre à mai)

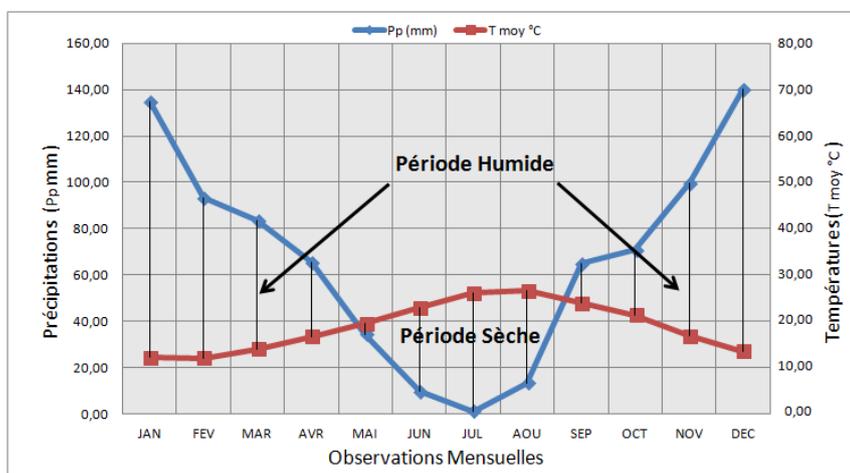


Figure 03 : Diagramme Ombrothermique de Gausson (2003-2012)

Le taux d'humidité annuel moyen est de 70%.

Le vent est un facteur important du climat, il influe sur la température, l'humidité et l'évaporation. La direction, la fréquence et la vitesse des vents sont variables au cours de l'année. Les vents dominants dans la région sont ceux du Nord-Ouest.

Le plus grand nombre de jours de grêle est observé de décembre à mars, le maximum étant observé en janvier.

## **2. Matériel végétal :**

Après un travail de prospection des vignobles à travers la région de Skikda et sur la base d'un questionnaire technique sur la fumure auprès des viticulteurs, nous avons retenu les huit vignobles de table (*Vitis vinifera L.*) précédemment mentionnés.

## **3. Méthodes utilisées :**

### **3.1. Questionnaire culturel :**

Un questionnaire a été rempli (Annexe 1) sur la base des informations fournies par les viticulteurs, ainsi que par nous même au cours de nos observations sur le terrain.

### **3.2. Diagnostic visuel :**

Nous avons effectué des sorties au niveau des vignobles retenus au but d'observer l'état de la végétation sur place, depuis le stade phénologique boutons floraux séparés jusqu'au stade de la véraison des baies en vue de déceler éventuellement des symptômes sur le feuillage qui pourraient être dus à des troubles trophiques (carence, toxicité) ou autres (culturels, écologiques, pathologiques).

### **3.3. Prélèvement des échantillons de sols :**

Deux prélèvements de sol ont été effectués à deux profondeurs différentes (0-30 et 30-60 cm), la première a été effectuée le 21/03/2013 et la deuxième le 20/05/2013.

Les échantillons sont séchés à l'air libre, puis tamisés à 2 mm et conservés dans des sachets en matière plastique jusqu'au moment des analyses.

### **3.4. Prélèvement des échantillons de feuilles :**

Quinze feuilles ont été échantillonnées le long de la diagonale sur des ceps sains (en évitant ceux dont la végétation n'est pas représentative) au moment de la nouaison et de la véraison, stades végétatifs les plus critiques du point de vue physiologique.

Les feuilles prélevées avec leurs pétioles sont celles situées à l'opposée de la première grappe. Elles sont placées dans des sachets en matière plastique et entreposées à l'intérieur d'une glacière et ramenées le jour même au laboratoire. Elles furent lavées d'abord soigneusement à l'eau du robinet pour éliminer toutes traces de poussières, de produits phytosanitaires, insectes, parasites, etc... et ensuite rincées trois fois à l'eau distillée, égouttées, séchées sur papier filtre et introduites dans l'étuve où elles sont séchées pendant 24 heures à une température de 60-70°C. Les limbes et les pétioles furent séparément broyés, tamisés, la poudre obtenue est ensuite homogénéisée et mise dans des flacons hermétiquement clos jusqu'au moment des analyses.

### **3.5. Techniques d'analyse :**

Nous avons déterminé pour le sol, la granulométrie à l'aide de la pipette de ROBINSON (méthode internationale), la réaction du sol à l'aide d'un pH mètre (pH eau), le calcaire total à l'aide du calcimètre de BERNARD, le calcaire actif par la méthode DROUINEAU-GALET, le carbone organique par la méthode WALKLEY-BLACK, la matière organique par calcul ( $MO = C \times 1.72$ ), l'azote total par la méthode KJELDAHL et le phosphore assimilable par la méthode JORET-HEBERT. L'extraction des bases échangeables est effectuée à l'acétate d'ammonium (normal et neutre), le dosage du sodium et du potassium par spectrophotométrie de flamme et celui du calcium et du magnésium par spectrophotométrie d'absorption atomique.

Pour le végétal, nous avons effectué le dosage de l'azote ammoniacal par la méthode KJELDAHL, les autres éléments minéraux (P, K, Mg, Ca, Na, B, Cu, Zn,) ont été dosés par les mêmes méthodes précédemment mentionnées à partir d'une minéralisation par voie sèche d'une quantité bien déterminée de poudre végétale (100-200 mg) : calcination dans un four à moufle à 500 °C pendant 5 heures puis solubilisation des cendres par l'acide chlorhydrique concentré et recueil des filtrats dans des fioles jaugées.

Le dosage du bore a été réalisé par la méthode de MAURICE et TROCMÉ : minéralisation par voie sèche différente de la précédente puisque la solubilisation des cendres s'effectue par l'acide acétique à 25 % et recueil des filtrats dans des tubes en plastique ; le principe de cette méthode consiste en la formation d'un complexe bleu par la réaction de la dianthrimide avec le bore. Les lectures sont faites par spectrophotométrie à une longueur d'onde de 620 nm.

## **Chapitre III**

# **Résultats et discussions**

## 1. Observation de la végétation :

Dans l'ensemble, l'aspect de la végétation est satisfaisant dans tous les vignobles étudiés avec néanmoins, la présence de quelques symptômes foliaires épisodiques de troubles nutritionnels (Photo 1 et 2) et de maladies virales et cryptogamiques (Photo 3 et 4).



Photo 01 : Symptômes d'excès d'azote (domaine Djouad).



Photo 02 : Symptômes de carence potassique (domaine Chlia).

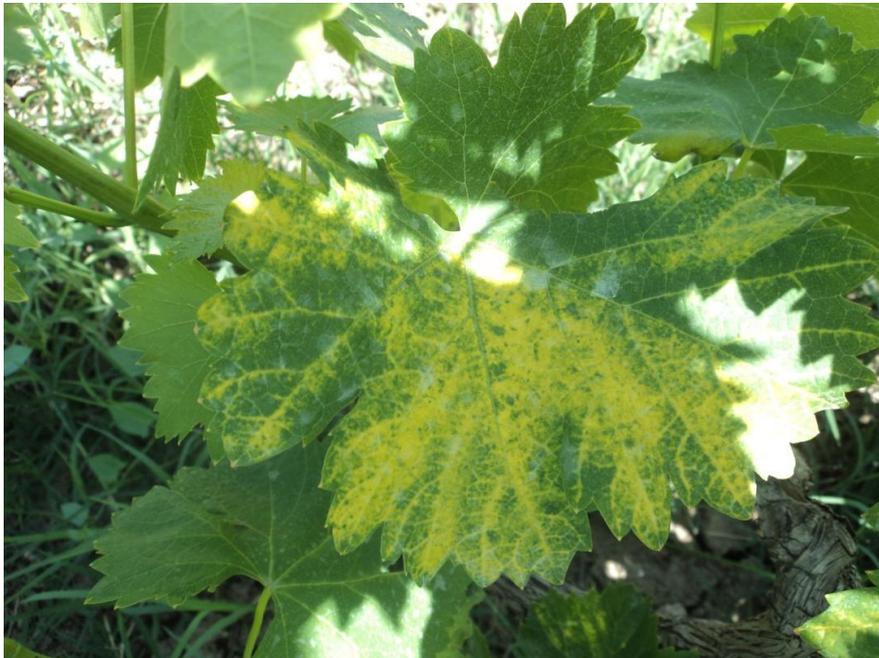


Photo 03 : Symptômes d'infection virale (domaine de l'ITAF).



Photo 04 : Symptômes de carence potassique (domaine Chlia).

A partir des données recueillies auprès des différents viticulteurs relatives au questionnaire technique sur la fumure de la vigne (Annexe 1), il apparaît clairement que la fertilisation est non seulement conduite empiriquement lorsqu'elle est réalisée et parfois absente totalement (du moins au cours de l'année de notre enquête).

La fumure d'entretien annuelle est très variable d'un vignoble à un autre et les trois éléments majeurs (N-P-K) sont concernés pour les questionnaires 1, 2, 3 et 4. Les apports sont excessifs pour les vignobles 2 et 3, notamment pour l'azote et le phosphore et semblent modérés pour 1 et 4.

Pour les vignobles 5, 6 et 7 seule la fumure phospho-potassique est réalisée et les doses paraissent convenables.

Le vignoble 8 par contre, n'a pas bénéficié de fumure.

A notre avis, les fumures pléthoriques des vignobles 1 et 3 ne se justifient pas, compte tenu de la charge modérée des souches (taille courte) et il est probable que ces apports sont fait en pure perte notamment pour l'azote (lessivage).

## 2. Analyse du sol :

Nous avons réalisé une analyse physico-chimique des sols de quelques vignobles étudiés à 2 profondeurs distinctes (0-30 cm et 30-60 cm). Les analyses granulométriques sont indiquées dans le Tableau 04. Il ressort par rapport au diagramme triangulaire des classes texturales (Annexe 2) que nos sols se caractérisent en général, par une texture limono-argileuse et limoneuse (sol et sous-sol confondus) correspondant à une texture argileuse pour les domaines Djouad et ITAF et équilibrée pour les deux autres.

Tableau 04 : Résultats des analyses physiques de sols.

Domaine	Profondeur	% A	% LF	% LG	% SF	% SG	Texture
Djouad	0 — 30	37.73	3.90	33.40	0.53	24.44	limono-argileux (La)
	30 — 60	33.86	12.44	28.08	4.37	21 .25	limono-argileux (La)
ITAF	0 — 30	54.95	3.15	21.03	17.62	3.25	Argileux (A)
	30 — 60	9.64	9.72	68.78	1.83	10.03	limoneux-fins (Lf)
Chlia	0 — 30	26.00	25.37	15.43	05.74	31.00	Limoneux (L)
	30 — 60	15.39	6.96	32.14	25.99	19.52	Limoneux (L)
Kaboussi	0 — 30	38.97	2.15	17.54	26.94	14.40	argilo-sableux (As)
	30 — 60	13.71	14.15	5.03	39.17	27.94	limono-sableux (Ls)

Par rapport aux normes de GAGNARD et *al.* (1988) qui définit selon la teneur en argile, les catégories de sol en léger, moyen et à lourd (Annexe 2), il apparait qu'à l'exception du domaine Chlia (sol léger), l'ensemble des sols étudiés appartient à la catégorie des sols lourds avec toutes les conséquences que cela peut engendrer sur les propriétés biologiques, chimiques et physiques de ces sols.

Les analyses chimiques sont représentées dans le Tableau 05. En ce qui concerne l'azote total la couche superficielle (sol) est largement mieux pourvue en cet élément que la couche sous-jacente (sous-sol). Ceci est du à la présence d'une litière végétale.

Tableau 05 : Résultats des analyses chimiques de sols.

Domaine	Prof	% N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ppm	% K	% Mg	% Ca	% Na	% CO	% MO	% CaCO <sub>3</sub> Total	C/N	pH eau
Djouad	0-30	0.156	143	0.023	0.029	0.05	0.063	1.91	3.28	2.49	12.24	7.06
	30-60	0.097	35	0.017	0.020	0.075	0.036	1.49	2.56	2.01	15.36	6.83
Parcelle de l'ITAF	0-30	0.115	93	0.027	0.031	0.114	0.027	2.02	3.47	4.80	17.56	7.35
	30-60	0.066	213	0.021	0.016	0.112	0.040	0.92	1.58	1.10	13.93	7.48
Chlia	0-30	0.094	97	0.022	0.028	0.126	0.052	1.73	2.97	0.95	18.14	7.05
	30-60	0.035	142	0.011	0.025	0.096	0.015	1.90	3.26	1.29	54.28	7.62
Kaboussi	0-30	0.119	149	0.020	0.035	0.078	0.056	1.40	2.40	1.97	11.76	7.38
	30-60	0.053	35	0.015	0.017	0.137	0.019	1.03	1.77	1.53	22.07	7.87

L

es

teneurs enregistrées au niveau de nos sols peuvent être considérées comme pauvres à moyennement riches en cet élément, en comparaison aux normes de GRAS (1979).

Pour l'anhydride phosphorique (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) et le potassium échangeable, c'est la même dynamique que celle de l'azote total qui est observée : les couches de surface sont plus riches que celles en profondeur, particulièrement pour le potassium. Ceci est en relation avec les modalités d'épandage de l'engrais phospho-potassique (en surface) qui ne migre que très lentement dans les couches profondes du sol. Les teneurs en phosphore assimilable de nos sols sont moyennement pauvres à riches en comparaison aux normes de CALVET et VILLEMIN (1986).

Nos teneurs en potassium et magnésium (après transformation de nos résultats) en fonction de la teneur en argile se situent à des niveaux moyens à faibles pour le premier (Figure 04) et élevés pour le second (Figure 05) par rapport aux normes de SOLTNER (2000).

Par rapport aux normes de BAIZE (1988), nous pouvons considérer que l'ensemble de nos sols sont non calcaires et moyennement riche en matière organique selon les normes de SCHAFFER (1975) et neutre vis-à-vis du pH selon DOUCET (2006).

Les teneurs en calcium semblent modérées et comparables dans les deux profondeurs à l'exception du domaine Kaboussi où l'horizon du sous-sol est nettement plus riche. Ce n'est pas le cas du sodium où les

couches de surface sont nettement plus élevées par rapport à celles en profondeur à l'exception de la parcelle de l'ITAF.

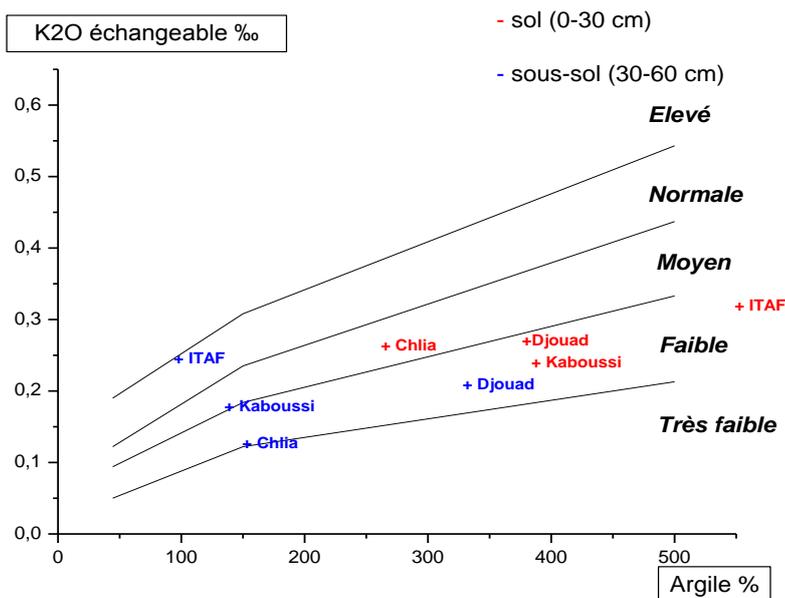


Figure 04 : Appréciation du K<sub>2</sub>O en fonction de teneur en argile (SOLTNER, 2000).

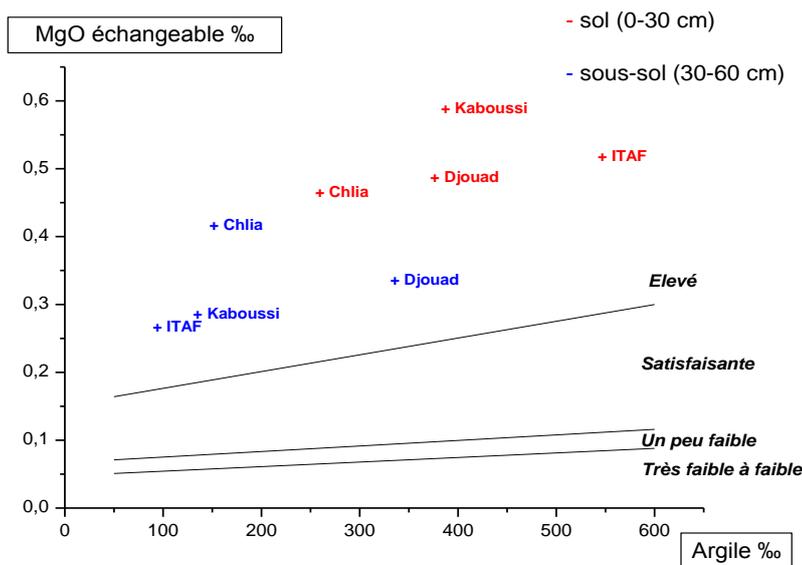


Figure 05 : Appréciation du MgO en fonction de teneur en argile (SOLTNER, 2000).

### 3. Analyse des feuilles :

Les analyses des feuilles sont représentées dans le Tableau 06. Nous comparerons nos résultats par rapport aux normes de BEATTIE et FORSHEY (1954), LOUÉ (1990) et DELAS (1979) pour les pétioles (Annexe 3) et de LOUÉ (1977), LOUÉ (1990) et SPRING *et al.* (2003) pour les limbes (Annexe 4).

Tableau 06 : Résultats des analyses de feuilles.

Stade végétatif		Nouaison				Véraison			
		Limbes							
E	D	Djouad	ITAF	Chlia	Kaboussi	Djouad	Parcelle de l'ITAF	Chlia	Kaboussi
		2,93	2,25	2.12	2.54	2.51	1.55	1.35	2.04
	N %								
	P %	0.103	0.128	0.114	0.117	0.122	0.147	0.157	0.124
	K %	1.21	0.81	0.63	0.89	1.13	1.20	0.88	0.38
	Mg %	0.31	0.29	0.53	0.59	0.45	0.56	0.82	0.77
	Ca %	3.63	2.35	2.28	2.25	4.17	2.42	2.98	1.95
	Na %	0.140	0.176	0.189	0.164	0.261	0.249	0.140	0.197
	K/Mg	3.90	2.79	1.12	1.5	2.51	2.14	1.07	0.49
	B ppm	44	41	40	39	45	60	40	26
	Cu ppm	38	44	61	18	65	45	74	63
	Zn ppm	43	54	25	22	60	46	43	12
		Pétioles							
	N %	0.97	0.69	1.02	0.62	0.81	0.74	0.67	0.48
	P %	0.08	0.120	0.127	0.184	0.057	0.073	0.071	0.079
	K %	2.16	1.34	1.42	1.84	2.02	1.45	1.04	0.79
	Mg %	0.82	0.57	1.22	0.71	0.77	0.84	1.39	1.09
	Ca %	2.72	1.07	1.61	0.69	3.54	1.22	2.06	0.82
	Na %	0.078	0.106	0.155	0.225	0.136	0.116	0.159	0.194
	K/Mg	2.46	2.35	1.16	2.59	2.80	1.72	0.74	0.72
	B ppm	33	35	34	62	27	36	26	60
	Cu ppm	10	14	54	9	43	47	57	13
	Zn ppm	25	13	42	34	12	14	66	58

### 3.1. Azote :

Les valeurs obtenues sont très variables d'un domaine à l'autre et les plus élevées sont enregistrées globalement chez Djouad au cours des deux stades végétatifs et au niveau des deux organes (les limbes étant nettement et dans tout les cas, plus riches que les pétioles). Les teneurs les plus faibles au niveau des limbes sont observées dans le domaine Chlia quelque soit le stade, alors que pour les pétioles, c'est le domaine Kaboussi qui enregistre les plus faibles valeurs quelque soit le stade végétatif.

Les teneurs en azote des limbes et des pétioles baissent de la nouaison à la véraison (Figure 06), ceci est en relation avec la migration de cet élément très mobile dans la plante vers d'autres organes en croissance.

D'après les normes de LOUÉ (1990), la nutrition azotée de l'ensemble des domaines est convenable et même excessive (consommation de luxe) pour Djouad avec tout les risques éventuelles que cela peut engendrer aux plantes.

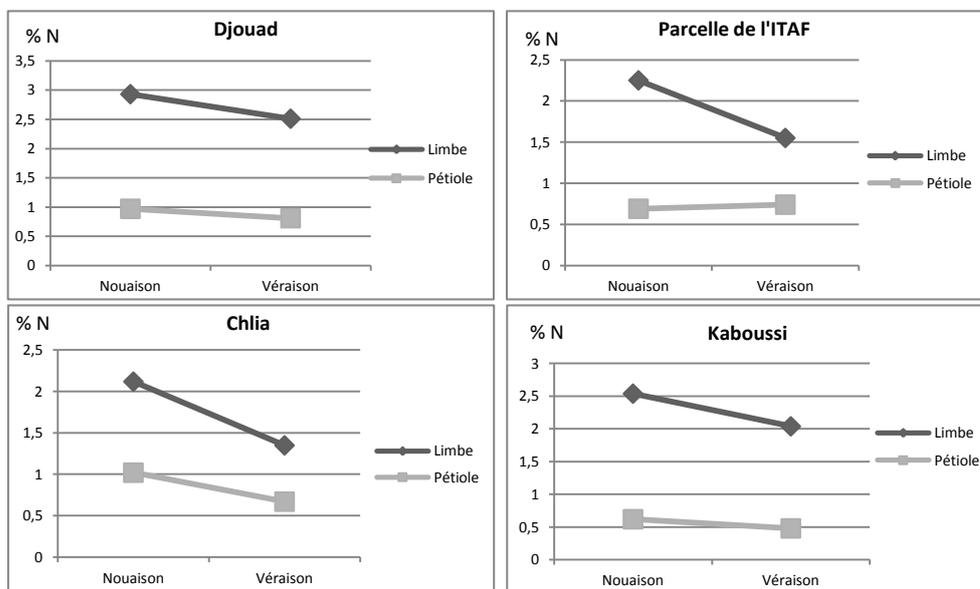


Figure 06 : Courbes d'évolution d'azote.

### 3.2. Phosphore :

Les valeurs obtenues sont assez proches entre elles et moins fluctuantes que celles observées chez l'azote, avec une supériorité des teneurs au niveau des limbes quelque soit le stade par rapport aux pétioles à l'exception du domaine Kaboussi (très nette) et Chlia (insignifiante).

Au niveau des limbes, on observe assez curieusement une augmentation de la concentration en cet élément de la nouaison vers la véraison, alors que c'est l'inverse au niveau des pétioles où on observe de façon nette et générale une diminution de celle-ci (Figure 07).

Les teneurs en phosphore de l'ensemble des domaines étudiés sont généralement inférieures aux normes de nutrition correcte établies par DELAS (1979).

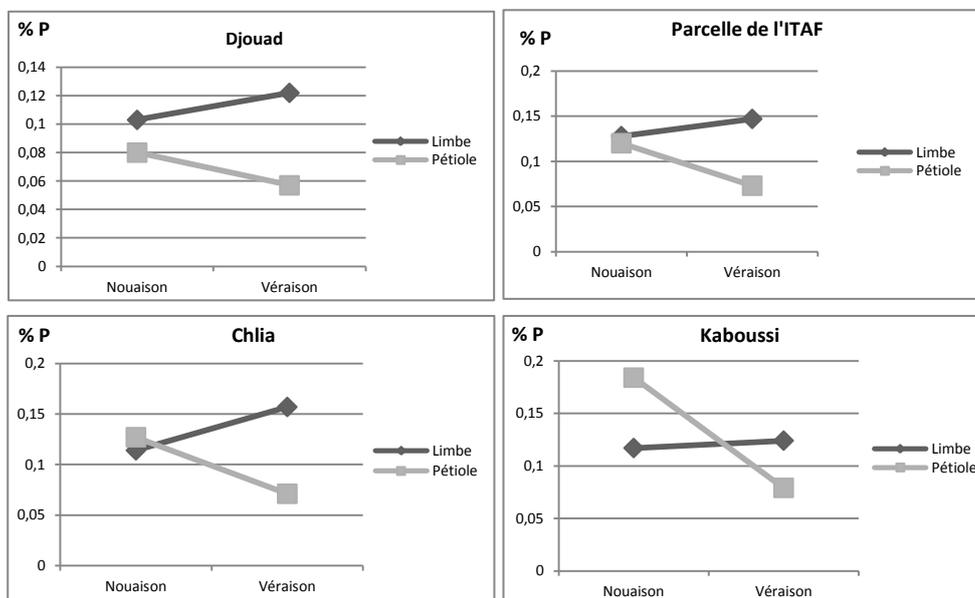


Figure 07 : Courbes d'évolution de phosphore.

### 3.3. Potassium :

Les valeurs obtenues sont très variables (comme ça a été le cas avec l'azote) selon les domaines avec une prépondérance assez très nette de Djouad qui a enregistré les valeurs les plus élevées, quelque soit le stade ou l'organe considéré. A l'inverse de l'azote, les pétioles sont toujours plus riches que les limbes.

L'évolution de cet élément au niveau des pétioles tend à diminuer de la nouaison à la véraison à l'exception du domaine de l'ITAF, elle est moins nette au niveau des limbes (Figure 08). Par rapport aux normes de BEATTIE et FORSHEY (1954), l'alimentation potassique de l'ensemble des domaines n'est pas assurée (déficiente).

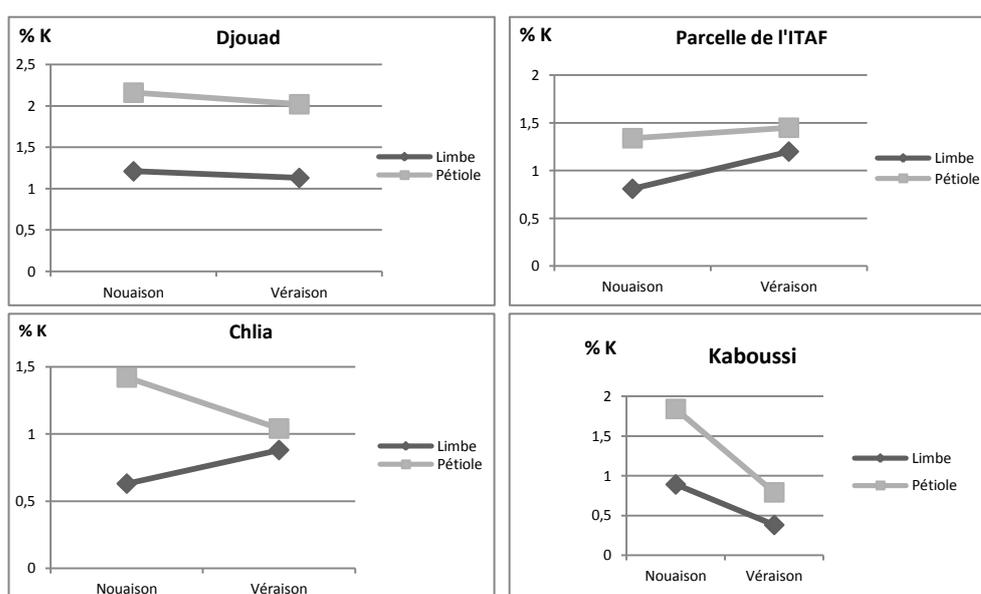


Figure 08 : Courbes d'évolution de potassium.

### 3.4. Magnésium :

Les valeurs sont très fluctuantes dans l'ensemble mais avec toujours une supériorité très nette des teneurs des pétioles par rapport aux limbes quelque soit le stade végétatif. Le domaine Chlia se démarque assez nettement des autres et a enregistré les valeurs les plus élevées quelque soit le stade au niveau des pétioles, ainsi qu'au niveau des limbes lors de la véraison.

L'évolution de cet élément tend à s'accumuler dans la feuille de la nouaison vers la véraison (Figure 09) que ce soit dans les limbes (très nette) que les pétioles (à l'exception de Djouad).

Par rapport aux normes, l'alimentation magnésienne de nos vignobles est largement assurée et la carence en cet élément n'est pas à craindre, comme le montre les valeurs calculées du rapport K/Mg qui sont pour la majorité inférieures à 3 et parfois même inférieures à l'unité. C'est la carence potassique qui est pressentie et probable. Elle est par ailleurs, confirmée par notre diagnostic visuel (présence de symptômes) effectué lors de nos visites d'observation de la végétation.

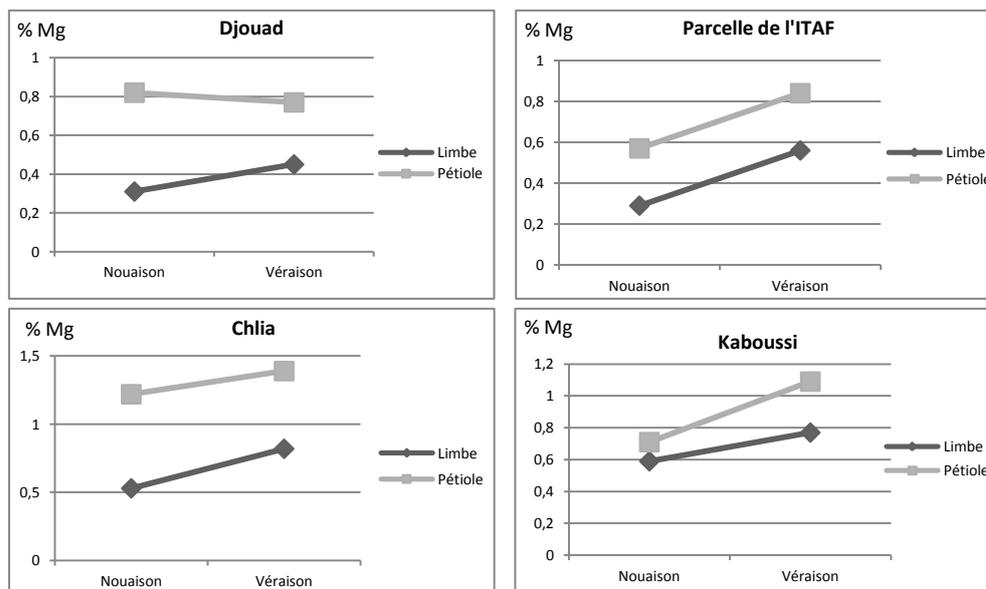


Figure 09 : Courbes d'évolution de magnésium.

### 3.5. Calcium :

Les valeurs obtenues sont aussi très variables mais avec toujours une prépondérance nette des limbes par rapport aux pétioles (les limbes accumulent plus cet élément que les pétioles). Les valeurs les plus élevées, sont enregistrées chez le domaine Djouad, indépendamment du stade que de l'organe.

Nous observons le même type d'évolution que celui observé chez le magnésium : accumulation de cet élément de la nouaison vers la véraison quelque soit l'organe considéré de la feuille (Figure 10).

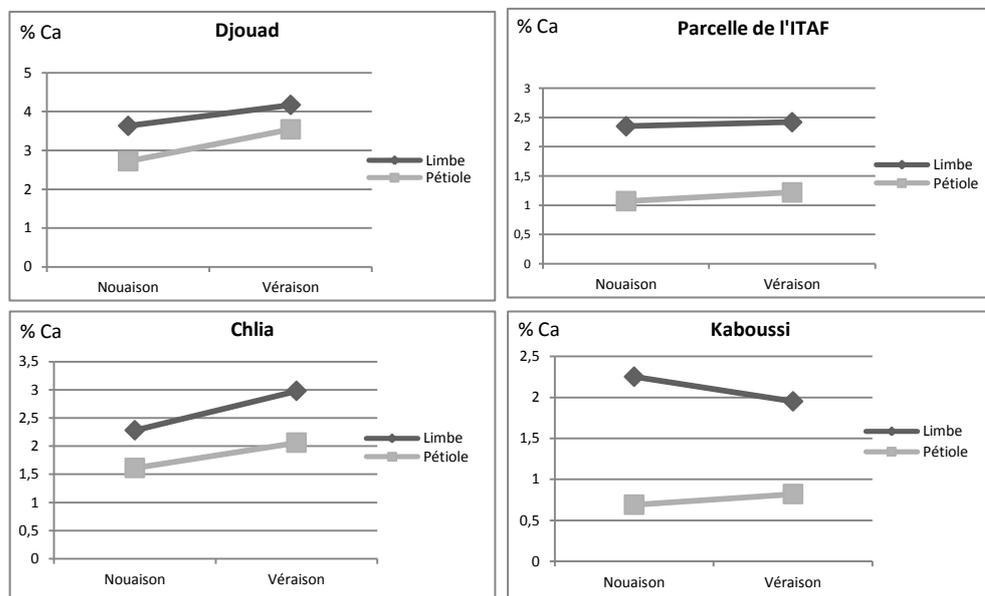


Figure 10 : Courbes d'évolution de calcium.

### 3.6. Sodium :

C'est la même tendance qui est observée en ce qui concerne cet élément qui n'entre pas, à proprement parlé, dans la nutrition minérale des végétaux (il est plus considéré nocif que bénéfique). En effet, les teneurs augmentent de la nouaison à la véraison à l'exception des domaines Chlia et Kaboussi où elles diminuent dans les limbes pour le premier et dans les pétioles pour le second (Figure 11).

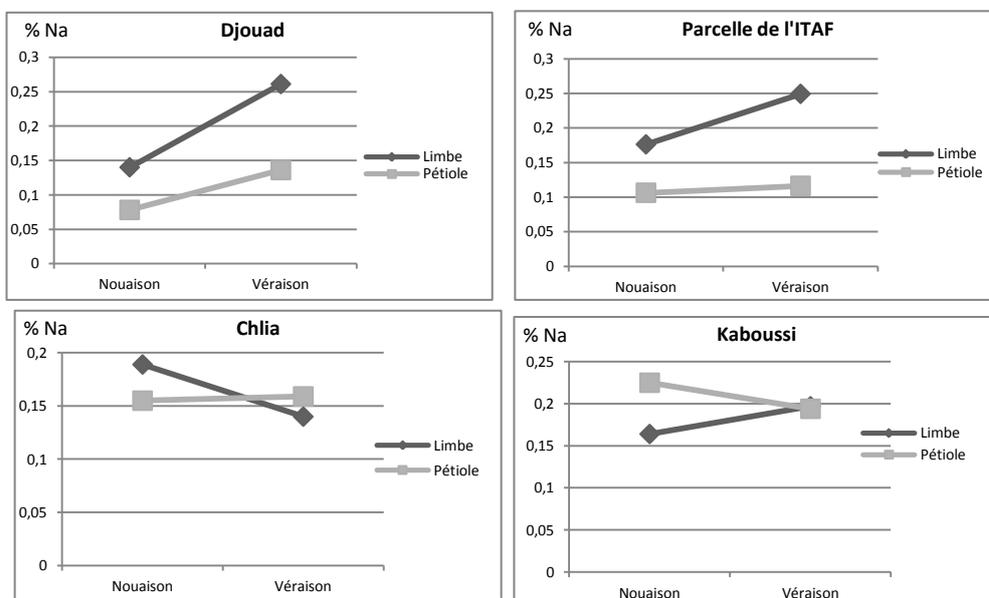


Figure 11 : Courbes d'évolution de sodium.

### 3.7. Bore :

Les valeurs obtenues sont variables mais avec toujours une prépondérance nette des limbes par rapport aux pétioles, à l'exception de domaine Kaboussi où c'est l'inverse.

L'évolution de cet élément est aussi variable (croissante, décroissante ou stable) selon les domaines et l'organe considéré (Figure 12).

Par rapport aux normes, l'alimentation en bore est généralement normale pour l'ensemble des domaines étudiés.

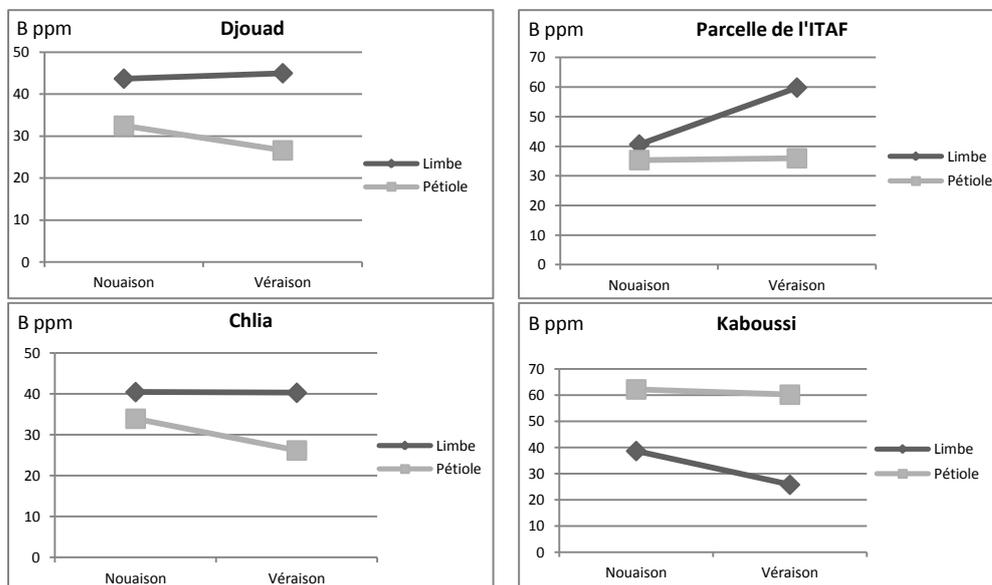


Figure 12 : Courbes d'évolution de bore.

### 3.8. Cuivre :

Les valeurs sont très fluctuantes dans l'ensemble mais avec toujours une supériorité très nette des teneurs des limbes par rapport aux pétioles quelque soit le stade végétatif. L'évolution de cet élément est la même quelque soit l'organe (Figure 13) : augmentation des teneurs de la nouaison vers la véraison.

Il est très improbable d'observer une déficience en cet élément en raison de l'utilisation des produits phytosanitaires qui contiennent des oligoéléments dans leur formulation chimique constitue notamment le cuivre. Nos teneurs sont élevées en comparaison avec celles de TOUMI (1988) et très faibles par rapport aux résultats obtenus par PINTA (1973) et PINTA (1975).

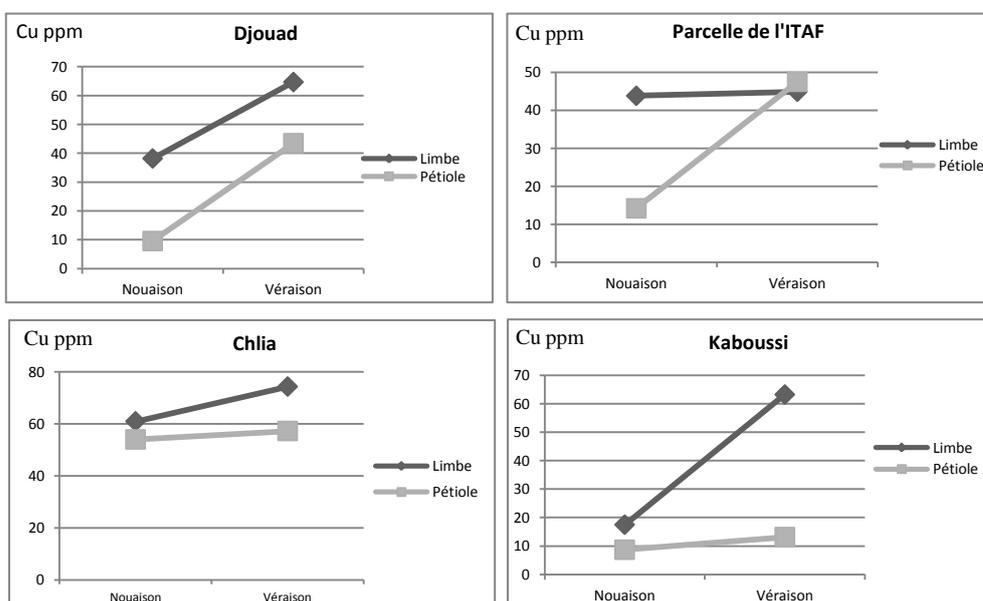


Figure 13 : Courbes d'évolution de Cuivre.

### 3.9. Zinc :

Les teneurs en zinc sont très différentes d'un domaine à l'autre. Les valeurs les plus élevées sont enregistrées à la véraison chez le domaine Djouad pour les limbes et chez le Chlia pour les pétioles.

Les limbes sont généralement plus riches que les pétioles à l'exception de Kaboussi et Chlia indépendamment du stade végétatif. Les teneurs que nous avons obtenues sont pour l'ensemble supérieures à celles indiquées par PINTA (1973).

L'évolution de cet élément est très variable selon le domaine, l'organe et le stade (Figure 14).

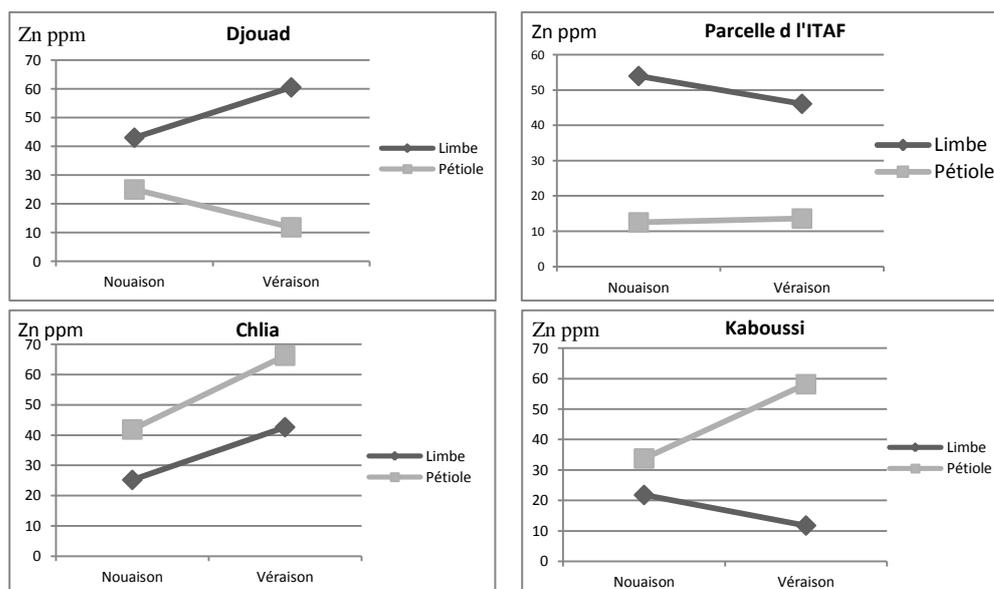


Figure 14 : Courbes d'évolution de zinc.

## **Conclusion :**

Au terme de cette étude sur l'appréciation de la nutrition minérale de quelques vignobles représentatifs de la région de Skikda, par la démarche de l'enquête, nous pouvons affirmer que la fertilisation est mal conduite et l'alimentation minérale des vignes est mal assurée.

- Il ressort à travers le questionnaire relatif à l'itinéraire technique de la culture que nous avons présenté aux viticulteurs que la pratique de la fumure est très aléatoire d'un domaine à un autre, tant sur la réalisation effective de cette importante pratique culturale, le type, la dose, le mode et la date d'apport de l'engrais utilisé.
- Nous avons observé sur le feuillage de quelques vignobles des symptômes foliaires caractéristiques de déficiences minérales (carences).
- Les résultats d'analyses de feuilles (diagnostic foliaire) et de sols obtenus nous permettent de confirmer cette situation nutritionnelle déséquilibrée. L'alimentation azotée est convenable pour l'ensemble des domaines et parfois excessive (consommation de luxe).

L'alimentation phospho-potassique est déficiente pour l'ensemble des domaines (doses insuffisantes, antagonisme).

Il est évident que les résultats que nous avons obtenus ne sont que préliminaires, ils restent à être confirmés par d'autres études car ils ne représentent que l'année en cours. Néanmoins, elle aura permis de mettre en exergue l'empirisme qui règne sur cette importante opération culturale qu'est la fertilisation.

# **Références Bibliographiques**

## Références bibliographiques :

- ALDEBERT P., 1958. Les courbes de référence pour l'application du diagnostic foliaire en Algérie. *Bul. OIV.*, 326, 19-23 p.
- ALIOUA A., 1980. Détermination de l'état nutritionnel de quelques cépages de table cultivés dans la Mitidja. *Mémoire Ingénieur. INA.*, Alger, 59 p.
- AVENARD J.C., BERNOS L., GRAND O. et SAMIE B., 2003. Manuel de production intégrée en viticulture. *Édit. Féret.*, Bordeaux, 35-83 p.
- BAIZE D., 1988. Guide des analyses courantes en pédologie. *Édit. INRA.*, Paris, 171 p.
- BAGGIOLINI M., 1952. Les stades repères dans le déroulement annuel de la vigne et leur utilisation pratique. *Rev. Romande de Agric. Vitic.*, 8, 4-6 p.
- BEATTIE J.M. and FORSHEY C.G., 1954. A survey of the nutrient element status of concord grape in OHIO. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 64, 22-28 p.
- BENTCHIKOU M.M., 1981. Recherche sur la nutrition minérale du vignoble d'appellation d'origine garantie (V.A.O.G) de la région de Mascara. *Thèse Magistère. INA.*, Alger, 73 p.
- BLISSON J., 2003. Guide de la fertilisation raisonnée. Vignobles de la Vallée du Rhône. *Édit. Rimbaud.*, Cavaillon, 5-39 p.
- BOULAY H., CALVET G. et ETOURNEAUD., 1986. La fertilisation raisonnée de la vigne. *Édit. Schraag.*, Mulhouse, 1-44 p.
- BOVAY E., 1960. Le diagnostic foliaire, moyen de contrôle de la nutrition minérale de la vigne. *Vignes et Vins.*, 88, 33-35 p.
- BOVAY E. et ISOZ M., 1965. Influence du porte-greffe sur la nutrition des cultivars de *Vitis vinifera* dans les conditions de la Suisse Romande. *Vignes et Vins.*, 139, 13-17 p.
- BRANAS J. et BERNON G., 1956. La carence de bore dans les vignobles français. *Prog. Agri et Viti.*, Montpellier, 4 p.
- CALVET G. et VILLEMEN P., 1986. Interprétation des analyses de terre. *Édit. SCPA.*, France, 24 p.
- CARLES J., ALQUIER-BOUFFARD A. et MAGNY J., 1964. De l'influence du pétiole sur la composition du limbe de la feuille de la vigne. *1<sup>er</sup> coll. Contr. Nutr. Min. Fert. Cult. Mediter.*, 171-173 p.
- CHAMPAGNOL F., 1977. Profil hydrique et profil du potassium dans le sol. *Prog. Agri et Viti.*, 21, France, 620-621 p.
- CHAMPAGNOL F., 1984. Éléments de physiologie de la vigne et de viticulture générale. *Édit. Dehan.*, Montpellier, 153-198 p.
- COÏC Y. et COPPENET M., 2003. Les oligo-éléments en agriculture et élevage. *Édit. INRA.*, Paris, 7 p.
- DELAS J. et MOLOT C., 1965. Essais de traitement de la carence en magnésium dans le vignoble Bordelais. *C.R. Acad. Agric.*, 51, France, 715-724 p.
- DELAS J., 1968. Étude par l'analyse foliaire de la carence en magnésium dans le vignoble Bordelais. *2<sup>ème</sup> coll. Europ. et Méditer. Cont. Fertil. Plts. Cult.*, 343-350 p.

- DELAS J., 1974. Entretien du taux de la matière organique des sols viticoles. *Vigne et Vin.*, 23, Bordeaux, 17-20 p.
- DELAS J. et POUGET R., 1979. Influence du greffage sur la nutrition minérale de la vigne, conséquences sur la fertilisation. *Connaissance Vigne et Vin.*, 4, 241-261 p.
- DELAS J., 1979. Place de l'analyse foliaire dans l'élaboration du conseil de fumure en viticulture. *Coll. Diag. Fol. INRA., Champenois*, 107-116 p.
- DELAS J., 1991. Maîtrise de la vigueur. L'enherbement. *Journée technique. C.I.V.B., Bordeaux*, 1-5 p.
- DELAS J., 2000. Fertilisation de la vigne. *Édit. Féret., Bordeaux*, 21-80 p.
- DELMAS., 1971. Recherche sur la nutrition minérale de la vigne *Vitis vinifera*. var. Merlot en aquaculture. *Thèse Doctorat., Bordeaux*, 317 p.
- DELMAS J., 1975. Recherche sur la nutrition de la vigne en conditions hydroponiques. 3<sup>ème</sup> coll. *Euro-Medit. Contr. Alim. Pl. Cult., Budapest*, 667-679 p.
- DOUCET R. 2006. Le climat et les sols agricoles. *Édit. Berger., Québec*, 443 p.
- DULAC J., 1964. Nouvelles sources d'information permettant d'apprécier l'alimentation minérale de la vigne. *C.R. 1<sup>ère</sup> coll. Europ. Contr. Nutr. Min. Fert. Pl. Cult., Montpellier*, 196-198 p.
- DULAC J., 1965. Quinze ans d'essais de fumure sur vigne. *Vignes et Vins.*, 41, 20-24 p.
- EICHHORN K.W. et LORENZ D.H., 1977. Stades phénologiques de la vigne. *Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd.*, 29, 119-120 p.
- EIFERT A., 1972. Importance de la valeur des rendements sur l'alimentation potassique. 3<sup>ème</sup> coll. *Europ. Mediter. Contr. Alim. Pl. cult., Budapest*, 1-12 p.
- FADER B., 2003. The soil lives. *Bull. O.I.V., Vol 76*, 846 p.
- FORESTIER J., 1986. Valeur du diagnostic foliaire du caféier Robusta. *Café, Cacao, Thé., Vol 3, Boulcoko*, 17 p.
- FREGONI M., SCIENZA A. et VISAI C., 1972. Recherche sur l'état nutritif des vignobles en Italie et la carte de la nutrition minérale. 3<sup>ème</sup> coll. *Europ. Médit. Contr. Alim. Plntes. Cult., Budapest*, 705-719 p.
- FREGONI M., 1975. Recherche sur les facteurs génétiques biologiques qu'ils influent la nutrition minérale de la vigne. 4<sup>ème</sup> coll. *Intern. Contr. Alim. Plntes. Cult., Gent*, 327-341 p.
- GAGNARD G., HUGUET C. et RYSER J.P., 1988. L'analyse du sol et du végétal dans la conduite de la fertilisation et le contrôle de la qualité des fruits. *OILB. SRQP*, 83 p.
- GALET P., 1991. Précis d'ampélographie pratique. *Édit. Dehan., Montpellier*, 255 p.
- GALET P., 1993. Précis de viticulture. *Édit. Dehan., Montpellier*, 461-475 p.
- GALET P., 1995. Précis de pathologie viticole. *Édit. Lavoisier., Montpellier*, 114 p.
- GAUTIER P., 1980. Diagnostic foliaire de la vigne. Étude par l'analyse factorielle en composantes principales sur plusieurs années. 5<sup>ème</sup> coll. *Intern. Contr. Alim. Plts. Cult., Budapest*, 705-719 p.
- GAUTIER M., 1993. La culture fruitière, l'arbre fruitier. *Édit. Lavoisier., vol 1, France*, 46 p.
- GRAS A., 1979. Engrais, guide pratique de la fertilisation. *Édit. Maison Rustique, France*, 553 p.

- GUILBAULT P., 2007. Les carences en manganèse : une recrudescence brève. *Viti. Oeno.*, 22, Gironde, 1-6 p.
- HAMDI PACHA A., 1976. Diagnostique foliaire chez les agrumes, mise au point des méthodes d'échantillonnages, recherche de définitions de "Standards", applicables à la culture des agrumes en Algérie. *Thèse Ingénieur. INA., Alger*, 60 p.
- HEIMANN H. et RATNER R., 1962. Influence du sodium et du rapport potassium/sodium sur la teneur en sucre des betteraves et leur technologie. *La Potasse.*, 11, France, 6 p.
- HELLER R., ESNAULT C. et LANCE C., 1998. Physiologie végétale 1. Nutrition. *Édit. Dunod., Paris*, 111 p.
- HUGLIN P. et SCHNEIDER C., 1998. Biologie et écologie de la vigne. *Édit. Lavoisier., Colmar*, 309-320 p.
- HUGUET C., 1977. Effet du potassium sur le comportement de la vigne. *Prog. Agric. Viti.*, 21, 612-614 p.
- HUGUET J.G., 1978. Pratique de la fertilisation minérale des arbres fruitiers. *INVUFLEC., Paris*, 36 p.
- HUGUET C. et COPPENET M., 1989. Un point sur le magnésium en agriculture. *Édit. INRA., Paris*, 25 p.
- KHELIL A., 1975. Étude de l'action de chlorure de sodium sur la croissance et la composition minérale de la vigne cultivée en solution hydroponique. *Thèse Doctorat. 3<sup>ème</sup> Cycle., Univ. Bordeaux*, 120 p.
- KHELIL A., 2009. Nutrition et fertilisation arbres fruitières et vigne. *Édit. OPU., Alger*, 19 p.
- KOZMA P., TOTH M. et SURANY K., 1980. Effet de la fumure phosphorique sur la teneur en zinc de la plantation dans le sol carbonaté sableux entre le Danube et la Tisza. *5<sup>ème</sup> coll. Intern. Contr. Plts. Cult., Budapest*, 608-615 p.
- LAFON J., COUILLAUD P., GAY-BELLILE F. et LÉVY J.F., 1965. Influence de mode de conduite sur la nutrition minérale des feuilles de vignes. *Vignes et Vins.*, 141, 28-30 p.
- LAGATU H. et MAUME M., 1924. Étude par l'analyse périodique des feuilles, de l'influence de chaux de magnésie de potasse sur la vigne. *C.R. Acad. Agric.*, 179, France, 932-934 p.
- LAIADI Z., 2001. Étude du comportement de quelques variétés de vigne *Vitis vinifera L.* sous influence de deux fertilisants organique et minérale. *Mémoire Magistère. Univ., Constantine*, 72 p.
- LARSEN R.P., KENWORTHY A.L. and BELL H.K., 1955. Shortage of potash limit michingan grape yeiled. *Better. Crops. with plant Food.*, 39, 47-48 p.
- LELAKIS M.P., 1958. Sur un nouvel optimum expérimental de l'alimentation de la vigne déterminée par le diagnostic foliaire basé sur l'analyse des feuilles prélevées au niveau des grappes (4<sup>ème</sup> et 5<sup>ème</sup> nœuds). *CR. Acad. Agri.*, 44, France, 221-224 p.
- LÉVY J.F., 1964. Potassium échangeable du sol, potassium absorbé par la plante et texture des sols. *Rev. Potasse.*, 311, France, 9-15 p.
- LÉVY J.F., 1965. Identification et étude par l'analyse foliaire de quelques carences alimentaires de la vigne dans le Midi de France. *Vignes et Vins.*, 138, 18-24 p.
- LÉVY J.F., CHALER G., CAMHAJI E. et HÉGO C. 1972. Nouvelle étude statistique des relations entre la composition minérale des feuilles et les conditions d'alimentations de la vigne. *Vigne et Vins.*, 212, 21-25 p.
- LÉVY J.F., 1975. Nouvelle étude statistique des relations entre la composition minérale des feuilles et les conditions d'alimentation de la vigne. *3<sup>ème</sup> coll. Europ. Méditer. Contr. Alimen. Plantes Cult., Budapest*, 741-751 p.

- LOUÉ A., 1968. L'intérêt du diagnostic pétiolaire dans les études sur la nutrition et la fertilisation potassique de la vigne. 2<sup>ème</sup> coll. *Contr. Fertil. Pl. Cult., Séville*, 283-194 p.
- LOUÉ A., 1976. Étude des liaisons entre le diagnostic foliaire et l'analyse du sol dans le traitement d'une enquête sur la nutrition de la vigne. 4<sup>ème</sup> coll. *Intern. Contr. Alim. Plts. Cult., Budapest*, 11, 225-268 p.
- LOUÉ A., 1977. Le contrôle de la nutrition minérale de la vigne. 4<sup>ème</sup> coll. *Intern. Contr. Alim. Plts. Cult., Séville*, 849-863 p.
- LOUÉ A., 1979. Interaction du potassium avec d'autres facteurs de croissance (Interaction de K avec les autres éléments nutritifs). *Dossier K<sub>2</sub>O., 15, Paris*, 1-25 p.
- LOUÉ A., 1980. Appauvrissement et enrichissement des sols en potassium. Étude expérimentale à partir d'un réseau d'essais de moyenne à longue durée. *Dossier K<sub>2</sub>O., 17, Mulhouse*, 2-45 p.
- LOUÉ A., 1990. Le diagnostic foliaire (ou pétiolaire) dans les enquêtes de la nutrition minérale des vignes. *Prog. Agri. Viti., 107*, 439-543 p.
- MADR., 2003. Rapport annuel. 30 p.
- MARSCHNER H., 1989. Mineral nutrition in higher plants. *Academic Press., London*, 229 p.
- MARTIN-PRÉVEL P., GANYARD J., GAUTIER P et DROUINEAU G., 1984. Analyse végétale dans le contrôle de l'alimentation des plantes tempérées et tropicales. *Édit. Tech et Doc. Lavoisier., Paris*, 187-224 p.
- MORARD P., TORRES P. et ANDRÉ L., 1980. Influence des porte-greffes sur la nutrition minérale de la vigne. 5<sup>ème</sup> coll, *Intern. Contr. Nutr. Plts. Cult., 636-642 p.*
- MORETTI G., GARDIMAN M. and LOVAT L., 2003. Effect of treatments with copper, manganese and zinc solutions on grafted cuttings. *Bull. OIV., Vol 76*, 848 p.
- OLUF C-B., OLA K., OLE H-L. et IAN R., 1990. Agriculture et fertilisation. Les engrais et leur avenir. *Édit. Tec et Doc. Lavoisier., Paris*, 99 p.
- PINTA M., 1973. Méthodes de référence pour la détermination des éléments minéraux dans les végétaux, détermination des éléments Ca, Mg, Fe, Mn, Zn et Cu par absorption atomique (1). *Oléagineux., 28, France*, 87-92 p.
- PINTA M., 1975. Étalons végétaux pour l'analyse foliaire. *Analisis., V 3, France*, 345-353 p.
- POMMEL B., 1979. Comparaison de l'utilisation par le maïs du phosphore des boucs résiduels ou du phosphate monocalcique pour différents niveaux de zinc et de fer dans le substrat. *Ann. Agro., 30*, 443-453 p.
- POUGET R. et JUSTE C., 1972. Appréciation du pouvoir chlorosant des sols par un nouvel indice faisant intervenir le calcaire actif et le fer facilement extractible. Application au choix des porte-greffes. *C.R. Acad. Agri., 58, France*, 347-356 p.
- POUSSET J., 2000. Guide engrais verts et fertilité des sols. *Édit. Agri. Décisions., Paris*, 60-63 p.
- PRÉVÔT P. et OLLAGNIER M., 1956. Méthode d'utilisation du diagnostic foliaire dans l'analyse des plantes et problème des fumures minérales. *Édit. IRHO., 192 p.*
- REYNIER A., 2007. Manuel de viticulture. *Édit. Tec et Doc., Paris*, 280-380 p.
- RIBEREAU-GAYON J. et PEYNAUD E., 1971. Sciences et techniques de la vigne. *Édit. Dunod., Tome 1 et 2, Paris*, 241-287 p.
- ROBY J.P. et VAN LEEUWEN., 2000. Vigne. *Édit. Synthèse Agricole., Bordeaux*, 112-133 p.

- ROCHAIX M., 1970. La fumure de la vigne. Normes pour la suisse Romande. *Rev. Suisse Viti. et Arbor.*, 11, 127-131 p.
- SALAMA F., 2004. La salinité et la production végétale. *Édit. OPU., Tunisie*, 114 p.
- SALSAC L., 1977. Localisation, absorption, transport et rôle physiologique de l'ion  $K^+$  chez les végétaux. *Progr. Agric. Vitic.*, 21, France, 611-612 p.
- SCHAFFER R., 1975. La matière organique du sol. *1<sup>er</sup> séminaire sur la croissance des sols du Maghreb.*, INA, Alger, 64 p.
- SCHEIDECKER D., 1959. Méthodes d'étude des besoins minéraux des plantes. *ORSTOM., Paris*, 113 p.
- SEBILLOTTE M., 1982. La fatigue des sols. Diagnostic de la fertilité dans les systèmes culturaux. *23<sup>ème</sup> coll. Soc. Fr. Phytopath., Versailles*, 150 p.
- SERRANO E., 2001. Régime hydrique et minéral de la vigne éléments de potentialité d'un terroir. *C.R., ITV, France Midi-Pyrénées*, 5 p.
- SIMEZRAG A., 2005. Comparaison entre la dynamique de croissance et la composition minérale des feuilles chez quelques variétés de vigne autochtones *Vitis vinifera* L. *Mémoire Magistère. Univ., Constantine*, 60 p.
- SOING P., 2004. Fertilisation des vergers environnement et qualité. *Édit. CTIFL., Paris*, 13-49 p.
- SOLTNER D., 2000. Les bases de la production végétale : le sol. *Édit. Sciences et Techniques Agricole Maine et Loire., Tome 1, France*, 457 p.
- SPRING J.L., RYSER J.R., SCHWAZZ J.J., BASLER P. et BERTSCHINGER L., 2003. Données de base pour la fumure en viticulture. *Rev. Suisse. Vitic. Arboric., Vol 35*, 3-24 p.
- SPRING J.L. et ZUFFEREY V., 2007. Expression végétative et alimentation azotée de la vigne. Observations sur Chasselas et Pinot noir. *Rev. Suisse Viti. Arbo. Horti.*, 39, 315-321 p.
- STEINECK O., 1974. The relation between potassium and nitrogen in the production of plant material. *10<sup>th</sup> Cong. Int. Pot. Inst., Budapest*, 189-196 p.
- TOUMI M., 1988. Appréciation de la nutrition minérale du vignoble de table de la région de Bordj-Menaiel. *Thèse Magister. INA., Alger*, 106 p.
- TOUMI M., 2006. Évaluation de l'état nutritionnel du vignoble de table variété Dattier de Beyrouth du centre algérien (Grande Kabylie). *Thèse Doctorat. INA., Alger*, 154 p.
- WALLACE T., 1956. Methods of diagnosing the mineral status of plants. *Coll. IRHO*, 13-21 p.
- WOBRIDGE C.G. and CLORE W.J., 1965. A black leaf condition of concord grapes in Washington. *Prog. Amerc. Soc. Hort. Sci.*, 70, 189-196 p.

# Annexes

## Annexe 1 : Questionnaires techniques.

### Questionnaire technique N°1 :

Exploitant : DJOUAD Chaabane.

Date de première visite : 25/02/2013

Date de dernière visite : 24/06/2013

Coordonnées du vignoble : situé dans la zone viticole de Menzel Ammar Bendich commune d'Azzaba, superficie de 05 ha et la densité de plantation est de 1.25×2.7 (m).

Cépage/porte-greffe : Cardinal/ SO4

Forme de conduite : Cordon de Royat

Age du vignoble : 12 ans.

Stades phénologiques observés : Boutons floraux séparés jusqu'au la Véraison.

État général de la végétation : bonne végétation.

Symptômes foliaires observés : Absence des symptômes de carence en éléments minéraux, avec l'apparition des taches blanches sur une grande partie de feuillage concernant la maladie du mildiou. Les feuilles de couleur vert foncé et ont une taille assez grande (Photo 1, signes d'excès d'azote).

Fertilisation : réalisée

Type d'engrais et quantités utilisés : 10 qx/ha d'engrais (0.20.25) phospho-potassique (granulé), 6 qx/ha d'engrais phospho-potassique (0.20.25), 12 qx/ha d'amonitrate (granulé). La fumure corrective a été effectuée avant même l'apparition d'aucun symptôme de carence, le viticulteur utilise les correcteurs de carence suivant : **Activeg** : (N 20%, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 20%, K<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 20% + Fe EDTA 680 ppm, Cu 80 ppm, B 300 ppm, Zn 300 ppm,...), **Baypotass** : 39% de K<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et **Comac** : K<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 15%, N 12%, 7.5 % MgO.

Mode d'application et date d'apport :

- apport au sol de 10 qx/ha de (0.20.25) avant plantation.
- apport au sol de 6 qx/ha de (0.20.25) en octobre avec 12 qx/ha d'amonitrate (février).
- pulvérisation foliaire des correcteurs de carence (mai-juin).

Opérations culturales effectuées :

- palissage sur 3 files de fer.
- taille court à 2 yeux (janvier-février), avec une taille en vert par ébourgeonnage (mai) et rognage (juin).
- labour intercalaire après la taille (février), labour intercalaire chaque 15 jour à partir de la floraison avec un chaussage en été un déchaussage en hiver.
- désherbage total manuel et mécanique (mars-avril).
- traitements phytosanitaires : le viticulteur utilise les antifongiques suivants : 7.5 kg/ha de **Comac** (Sulfate de cuivre 80% + bouille Bordelaise 20%) et **Véritya Flach** (Alfoztil Aluminium 66.70% + Alphinamidol 4.44 %) et **Flint** (Trifloxystrobine 50%).

État sanitaire de la parcelle : souches vigoureux présentent un très bon état sanitaire qu'après la nouaison où la parcelle subie d'un attaque de mildiou qui s'altère de façon brusque la récolte.

## Questionnaire technique N°2 :

Date de première visite : 11/02/2013.

Date de dernière visite : 18/06/2013.

Exploitant : Station expérimentale de l'institut technique de l'arboriculture fruitière et de la vigne (ITAFv).

Coordonnées du vignoble :

- situé dans la zone agricole de M'djez Edchiche.
- superficie de 01.18 ha.
- densité de plantation : 1.5×3 (m)

Cépage/porte-greffe : Italia/110R

Forme de conduite : Guyot double

Age du vignoble : 13 ans

Stade phénologique observé : Boutons floraux séparés jusqu'au la véraison.

État général de la végétation : le vignoble se présente en très bon état végétatif durant toutes nos observations.

Symptômes foliaires observés : on n'observe aucun symptômes ni de carence minérale ni de maladie pathologique à l'exception des viroses sur quelques souches (photo 3).

Fertilisation : réalisée

Type d'engrais et quantités utilisés :

- 2.5 qx/ha d'engrais phospho-potssique (granulé)
- 1.5 qx/ha d'ammonitrate (granulé) à 46%

Mode d'application et date d'apport : apport au sol de (0.20.25) en octobre et d'ammonitrate à 46% en février.

Opérations culturales effectuées :

- palissage sur deux filles de fer.
- taille longue (guyot double) en février. L'ébourgeonnage et le rognage non réalisés.
- labour intercalaire après la taille (mars-avril-Juin).
- traitements phytosanitaires : 250g/hl **Galben** et **Topaze** (Fongicide).
- désherbage et irrigation non réalisé.

État sanitaire de la parcelle : présente un très bon état sanitaire.

### Questionnaire technique N°3 :

Date de première visite : 23/03/2013

Date de dernière visite : 24/06/2013

Exploitant : CHLIA Med.

Coordonnées du vignoble :

- situé dans la commune de Ain Charchar.
- superficie de 1 ha.
- densité de plantation : 1.3×2.7 (m)

Cépage/porte-greffe : Gros noir / SO4

Forme de conduite : Cordon de Royat

Age du vignoble : 5 ans

Stade phénologique observé : Boutons floraux séparés jusqu'au la véraison.

État général de la végétation : jeunes souches à faible vigueur, feuilles ont une taille normale.

Symptômes foliaires observés : symptômes de carence potassique observés durant les stades floraison et nouaison sur quelques souche, puis à l'étendue de toute la parcelle à partir de la véraison, par des jaunissements marginales et enroulement des limbes (Photo 2), parfois l'apparition des taches du mildiou sur quelques souches de la parcelle.

Fertilisation : Réalisée.

Type d'engrais et quantités utilisés :

- 5 qx/ha d'engrais phospho-potassique (0.20.25)
- 5 qx/ha de (N.P.K) granulé (15.15.15).
- potasse liquide.

Mode d'application et date d'apport : apport au sol de (0.20.25) en octobre et de (15.15.15) en avril, pulvérisation de potasse liquide à la véraison (Juillet).

Opérations culturales effectuées :

- palissage sur 3 files de fer.
- taille court à 2 yeux (février), ébourgeonnage (mai) et rognage (juin).
- labour après la taille (mars-avril-mai-juin).
- désherbage manuel total (avril- juin).
- irrigation par interligne à la véraison.

État sanitaire de la parcelle : jeunes souches à faible vigueur avec un état généralement sain.

## Questionnaire technique N°4 :

Date de première visite : 26/02/2013

Date de dernière visite : 24/06/2013

Exploitant : KABOUSSI Razik.

Coordonnées du vignoble :

- situé dans la commune de Ain Charchar.
- superficie de 1 ha.
- densité de plantation : 1.3×3 (m).

Cépage/porte-greffe : Cardinal/SO4

Forme de conduite : Cordon de Royat

Age du vignoble : 10 ans.

Stade phénologique observé : Boutons floraux séparées jusqu'au la véraison.

État général de la végétation : la végétation se présente en très bon état durant toutes nos observations.

Symptômes foliaires observés : symptômes de carence potassique sur quelques souches de la parcelle par un jaunissement marginale des bords des feuilles, ces symptômes sont disparaître plus tar. Apparition des taches de petite taille concernent le mildiou sur les feuilles de la partie inferieur des rameaux.

Fertilisation : Réalisée.

Type d'engrais et quantités utilisés :

- 6 qx/ha de (15.15.15) granulé.
- Engrais foliaires (potasse et amonitrate liquide).

Mode d'application et date d'apport : apport au sol de (15.15.15) (mars) et pulvérisation foliaire d'amonitrate liquide au début de végétation et de potasse liquide à la véraison.

Opérations culturales effectuées :

- palissage sur deux filles de fer.
- taille court à 2 yeux (février), ébourgeonnage (mai) et rognage (juin).
- labour intercalaire après la taille (février-mars-avril-juin).
- traitements phytosanitaires (Fongicides) : Electis 75 wc granule despersible (8.3% de Zoxamide + 66.7% de Mancozeb), Marshal 25 EC (250 g/l).
- désherbage manuel et mécanique (mars-avril).

État sanitaire de la parcelle : souches de vigueur moyenne avec un aspect sain.

## Questionnaire technique N°5 :

Date de première visite : 22/02/2013

Date de dernière visite : 20/06/2013

Exploitant : M'DAYEF Khmisse.

Coordonnées du vignoble :

- situé dans la zone viticole Menzel Ammar Bendich (Azzaba).
- superficie de 2 ha.
- densité de plantation : 1.5×3 (m).

Cépage/porte-greffe : Cardinal/SO4

Forme de conduite : Cordon de Royat

Age du vignoble : 4 ans.

Stade phénologique observé : Boutons floraux séparés jusqu'au la véraison.

État général de la végétation : la végétation se présente en très bon état durant toutes nos observations.

Symptômes foliaires observés : symptômes de carence potassique sur quelques souches de la parcelle par un jaunissement marginale des bords des feuilles.

Fertilisation : Réalisée.

Type d'engrais et quantités utilisés : 5 qx/ha d'engrais phospho-potassique granulé (0.20.25).

Mode d'application et date d'apport : apport au sol (octobre).

Opérations culturales effectuées :

- palissage sur trois filles de fer.
- taille court à 2 yeux (février), ébourgeonnage (mai) et rognage (juin).
- labour intercalaire après la taille (février-mars-avril-mai).
- traitements phytosanitaires :Fongicides.
- désherbage totale manuel et mécanique (mars-avril).

État sanitaire de la parcelle : vigueur moyenne avec un aspect sain.

## Questionnaire technique N°6 :

Date de première visite 28/02/2013

Date de dernière visite : 21/05/2013

Exploitant : SIAB Hamid.

Coordonnées du vignoble :

- situé dans la zone viticole Menzel Ammar Bendich (Azzaba).
- superficie de 2.25 ha.
- densité de plantation : 1.5×3 (m).

Cépage/porte-greffe : Muscat d'Hambourg/Incon.

Forme de conduite : Gobelet

Age du vignoble : 38 ans.

Stade phénologique observé : Boutons floraux séparés jusqu'au la véraison.

État général de la végétation : la végétation se présente en très bon état durant toutes nos observations.

Symptômes foliaires observés : absence des symptômes.

Fertilisation : Réalisée.

Type d'engrais et quantités utilisés : 5 qx/ha d'engrais phospho-potassique granulé (0.20.25)

Mode d'application et date d'apport : apport au sol (novembre)

Opérations culturales effectuées :

- taille court à 2 yeux (février).
- labour intercalaire après la taille (avril-juin).
- traitements phytosanitaires : Fongicides.

État sanitaire de la parcelle : veilles souches avec un aspect sain.

## Questionnaire technique N °7 :

Date de première visite 22/02/2013

Date de dernière visite : 15/05/2013

Exploitant : EURL BOURAOUI Med (Ferme pilote)

Coordonnées du vignoble :

- situé dans la agricole dela commune de M'djez Edchich (Elharouche).
- superficie de 10 ha.
- densité de plantation : 1.5×3 (m).

Cépage/porte-greffe : Merlot et autres cépages de cuve /SO4

Forme de conduite : Cordon de Royat.

Age du vignoble : 10 ans.

Stade phénologique observé : Boutons floraux séparées jusqu'au la véraison.

État général de la végétation : la végétation se présente en très bon état durant toutes nos observations.

Symptômes foliaires observés : symptômes de carence potassique sur quelques souches de la parcelle par un jaunissement marginale des bords des feuilles.

Fertilisation : réalisée.

Type d'engrais et quantités utilisés : 5 qx/ha d'engrais phospho-potassique granulé (0.20.25)

Mode d'application et date d'apport : apport au sol (octobre)

Opérations culturales effectuées :

- palissage sur trois filles de fer.
- taille court à 2 yeux (février), ébourgeonnage (mai) et rognage (juin).
- labour intercalaire après la taille (février-mars-avril-mai).
- traitement phytosanitaire : Fongicides.
- désherbage totale manuel (mars) et chimique (avril).

État sanitaire de la parcelle : saine.

## Questionnaire technique N°8 :

Date de première visite : 04/03/2013.

Date de dernière visite : 16/05/2013.

Exploitant : EURL FSPP (Ferme Semences et Plantules Production).

Coordonnées du vignoble :

- situé dans la zone agricole de Oued Elkbeir (Ain Charchar).
- superficie de 5 ha.
- densité de plantation : 1.5×3 (m).

Cépage/porte-greffe : Dattier de Beyrouth /SO4.

Forme de conduite : Cordon de Royat.

Age du vignoble : 9 ans.

Stade phénologique observé : Boutons floraux séparées jusqu'au la véraison.

État général de la végétation : normale.

Symptômes foliaires observés : symptômes de carence potassique sur quelques souches de l'extrémité de la parcelle, symptômes de mildiou avec des taches de couleur noire provoqué par l'abondance d'escargot sur le feuillage pendant le stade boutons floraux séparées qui ont disparus à la suit d'un traitement de mildiou.

Fertilisation : non réalisée.

Opérations culturales effectuées :

- palissage sur trois filles de fer.
- taille court à 2 yeux (février), l'ébourgeonnage et le rognage non réalisés.
- Un seul labour intercalaire après la taille (février).
- traitements phytosanitaires (Fongicide) : Domark 40 (40g/l de tetraconazol).
- désherbage non réalisé.
- Irrigation à la véraison des baies.

État sanitaire de la parcelle : des graves conséquences sont provoqués par l'abondance d'escargots au cours de la végétation, après la parcelle subie d'une attaque de mildiou.



Tableau 08 : Appellation simplifiée des classes de sols (GAGNARD et al.1988).

Nature	Sol léger		Sol moyen	Sol lourd	
% Argile	0-10	10-15	15-25	25-30	< 30
Appréciation	Léger	Léger à moyen	moyen	Moyen à lourd	lourd

Tableau 09 : Normes d'interprétation du calcaire total (BAIZE, 1988).

Teneur en calcaire total (%)	Type du sol
< 1 %	Non calcaire
1 à 5 %	Peu calcaire
5 à 25 %	Modérément calcaire
25 à 50 %	Fortement calcaire
50 à 80 %	Très fortement calcaire
>80 %	Excessivement calcaire

Tableau 10 : Normes d'interprétation de la matière organique selon (SCHAFFER, 1975).

Terre	Très pauvre	Pauvre	Moyenne	Riche
Matière organique (%)	< 1	1 à 2	2 à 4	> 4

Tableau 11 : Normes d'interprétation de l'azote (GRAS, 1979).

Richesse du sol	Très pauvre	Pauvre	Moyen	Riche	Très riche
Azote (%) (KJELDAHL)	< 0.05	0.05 à 0.1	0.1 à 0.15	0.15 à 0.25	> 0.25

Tableau12 : Classes d'appréciation du phosphore assimilable (CALVET et VILLEMIN, 1986).

Richesse du sol	Très pauvre	Pauvre	Moyennement pauvre	Riche
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (ppm) (JORET-HEBERT)	< 30 ppm	30 - 50	50 - 1 00	100 - 200

### Annexe 3 : Normes d'interprétation de l'analyse pétiolaire.

Tableau 13 : Normes d'interprétation des teneurs moyennes (Nouaison-Véraison) dans le vignoble OHIO d'après (BEATTIE et FORSHEY, 1954).

Élément	Seuil de nutrition correct en % MS
N	0.77 %
P	0.20 %
K	2 %
Ca	0.15 %
Mg	0.70 %

Tableau 14 : Limites de variations des teneurs en N, P, K, Ca et Mg des pétioles à la véraison (LOUÉ, 1990).

	Pétioles (%MS)
N	0.31-1.00
P	0.07-0.71
K	0.36-6.91
Ca	0.84-5.05
Mg	0.22-2.59

Tableau 15 : Seuils indicatifs des teneurs pétiolaires en éléments nutritifs utilisés pour la vigne d'après DELAS (1979).

N	0.60 % MS	Nutrition azotée normale
P	0.15 % MS	Nutrition phosphatée normale
Rapport K/Mg	> 10	Carence magnésienne
	< 1	Carence potassique
	3 à 7	Nutrition potassique et magnésienne normale

## Annexe 4 : Normes d'interprétation de l'analyse du limbe.

Tableau 16 : Normes d'interprétation des teneurs foliaires dans les limbes de la vigne (LOUÉ, 1968).

	% N	% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	% K	%Mg
Très mauvaise	1.50 à 1.70	0.12 à 0.13	≤ 0.80	0.2
Passable	1.71 à 2.10	0.14 à 0.17	0.81 à 1.10	/
Assez bonne à bonne	2.11 à 2.50	0.18 à 0.21	1.11 à 0.14	0.20 à 0.50
Très bonne	2.51 à 2.70	≥ 0.22	≥ 1.40	≥ 0.50

Tableau 17 : Limites de variations des teneurs en N, P, K, Ca et Mg des limbes à la véraison (LOUÉ, 1990).

	Limbes (%MS)
N	1.48-2.54
P	0.07-0.32
K	0.40-2.36
Ca	0.86-3.95
Mg	0.10-0.79

Tableau 18 : Plages de référence pour le diagnostic foliaire au stade début véraison chez quatre variétés de vigne (Chasselas, Pinot noir, Gamay, Merlot) d'après SPRING et al. (2003).

	N	P	K	Ca	Mg
Chasselas	1.93-2.31	0.165-0.203	1.56-1.92	2.49-3.33	0.192-0.27
Pinot noir	2.08-2.38	0.195-0.233	1.59-1.87	2.66-3.51	0.205-0.287
Gamay	1.93-2.31	0.209-0.272	1.24-1.62	3.42-4.14	0.209-0.337
Merlot	1.98-2.24	0.142-0.176	2.10-2.40	1.64-2.0	0.2-0.244

**Annexe 6 : Moyennes mensuelles de Précipitations et Températures de la région de Skikda  
(2003-2012) (O.N.M Skikda).**

Tableau 19 : Précipitations en mm (moyennes mensuelles).

	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUN	JUL	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC
<b>2003</b>	276.3	114.4	34.5	99.0	13.5	1.8	0.0	0.0	114.4	49.0	37.2	168.3
<b>2004</b>	116.8	27.5	75.8	105.6	54.0	19.5	1.0	0.0	55.5	26.2	285.8	165.4
<b>2005</b>	159.0	158.3	65.0	101.0	9.7	0.0	0.8	64.0	34.0	26.0	90.0	191.0
<b>2006</b>	127.0	80.0	41.0	15.0	8.0	9.0	1.0	3.0	29.0	58.9	24.0	229.0
<b>2007</b>	23.0	53.0	141.0	62.0	24.0	33.0	2.0	6.0	50.0	74.0	94.1	147.0
<b>2008</b>	32.0	24.0	171.0	15.0	60.0	4.0	1.0	0.0	81.0	67.0	84.0	97.2
<b>2009</b>	251.0	117.5	82.5	107.0	60.0	0.0	1.9	8.0	135.7	58.6	77.8	138.0
<b>2010</b>	139.0	74.0	84.0	29.0	78.0	19.0	0.0	0.0	21.0	164.0	164.0	81.0
<b>2011</b>	50.8	154.16	85.84	42.67	37.08	17.53	4.3	0.0	2.04	115.9	64.29	101.3
<b>2012</b>	90.7	191.0	55.8	55.8	2.0	0.0	0.0	52.0	63.0	69.1	39.9	83.4

Tableau 20 : Températures en °C (moyennes mensuelles).

	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUN	JUL	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC
<b>2003</b>	12,40	11,50	14,50	16,90	19,30	25,50	28,10	29,20	24,50	22,10	17,00	13,00
<b>2004</b>	10,75	11,93	13,36	14,69	16,95	21,70	24,80	26,80	23,70	22,40	15,10	13,60
<b>2005</b>	10,20	10,10	13,30	16,40	20,10	23,70	26,40	25,70	23,70	21,60	16,90	12,50
<b>2006</b>	11,10	12,00	14,90	18,20	21,00	23,10	26,70	26,10	24,00	22,90	18,30	14,00
<b>2007</b>	13,70	14,50	13,90	17,20	20,20	23,00	25,50	26,40	23,80	21,40	16,20	12,90
<b>2008</b>	13,10	13,30	14,00	17,50	19,80	22,50	25,70	26,70	24,00	21,10	16,10	12,70
<b>2009</b>	12,60	11,39	12,71	15,60	20,60	23,00	26,62	26,80	22,92	19,50	15,91	15,60
<b>2010</b>	13,30	14,30	14,90	16,70	18,50	21,70	25,40	24,94	23,50	20,50	16,70	14,10
<b>2011</b>	12,50	12,20	14,20	17,30	19,20	22,00	25,80	25,80	24,60	20,70	17,60	13,90
<b>2012</b>	12,50	9,50	14,30	16,70	18,90	24,00	26,10	27,40	24,30	21,60	18,00	13,48

# Résumés

## Résumé :

L'objectif de ce travail s'inscrit dans le cadre de la rationalisation de la fertilisation par l'appréciation de la nutrition minérale des vignes. La démarche que nous avons suivie est celle de l'enquête axée principalement sur l'observation de la végétation en place (diagnostic visuel) et des analyses de feuilles (diagnostic foliaire) et de sols. Huit vignobles représentatifs de la région de Skikda ont été retenus sur la base d'un questionnaire technique détaillé.

Les résultats que nous avons obtenus à travers nos différentes investigations, montrent que la fertilisation est conduite empiriquement (symptômes foliaires, absence de fumure, déficiences nutritionnelles) et que l'alimentation minérale est mal assurée dans l'ensemble des vignobles étudiés.

**Mots clés :** Nutrition minérale, Diagnostic foliaire, Diagnostic visuel, Analyses du sol, Vigne, Skikda.

## Abstract:

The objective of this work is part of the rationalization of fertilization by the appreciation of the mineral nutrition of vines. The approach we have followed is that the survey focused primarily on the observation of existing vegetation (eye diagnosis) and analyzes of leaves (foliar diagnosis) and soils. Eight representative vineyards of the Skikda region were selected on basis of a detailed technical questionnaire.

The results we have achieved through our various investigations, show that fertilization is conducted empirically (foliar symptoms, lack of fertilizer, nutrient deficiencies) and mineral nutrition is unsteady in all vineyards studied.

**Keywords :** Mineral Nutrition, Diagnosis leaf, visual diagnosis, Soil Analyses, Vine, Skikda.

## ملخص :

الهدف من هذه الدراسة يدخل في إطار ترشيد التسميد بواسطة تقدير التغذية المعدنية للعنب. الطريقة التي تم اتباعها عبارة عن تحقيق يتمحور أساسا حول ملاحظة الحالة الخضرية في الموقع (تشخيص بصري)، تحليل الأوراق (تشخيص ورقي) و تحليل التربة، ثمانية حقول عنب تمثيلية في منطقة سكيكدة تم اختيارها للدراسة بعد تحقيق تقني مفصل.

النتائج المتحصل عليها بواسطة مختلف التحقيقات أثبتت أن التسميد كان بطريقة تجريبية (أعراض على الأوراق، غياب التسميد، نقص في التغذية) و أن التغذية المعدنية كانت سيئة التسيير على مستوى كل حقول العنب المدروسة.

**كلمات مفتاحية :** تغذية معدنية، تشخيص ورقي، تشخيص بصري، تحليل التربة، عنب، سكيكدة