

Evaluation de l'état nutritionnel du vignoble de table

Par

Mohamed TOUMI

Mr. HALITIM A. Professeur, Université Batna Rapporteur Mr. GARCIA M. Docteur H.
D. R., INP ENSA Toulouse France Rapporteur
INA le 23 avril 2006

Soutenue devant le Jury composé de : Mr. Bentchikou M. M. Professeur, U. Ain El Bey Constantine
Président Mr. DJILI K. Professeur, INA El Harrach Alger Examineur

Table des matières

..	1
ص . .	3
Résumé .	5
Abstract . .	7
Avant propos .	9
Introduction Générale .	11
Partie I : Le zonage viticole .	15
Introduction . .	15
1- Définition du zonage . .	17
1-1- Méthodes du zonage .	17
2- Facteurs écologiques du vignoble étudié .	19
2-1- Description et justification des facteurs retenus du vignoble étudié .	19
2-2- Méthodologie cartographique . .	22
Conclusion . .	30
3- La viticulture de table . .	31
3-1- Dans le monde .	32
3-2- En Algérie .	32
3-3- Botanique de la vigne .	38
3-4- Les cépages de table cultivés en Algérie .	40
4- Le Dattier de Beyrouth .	43
4-1- Origine et caractéristiques .	43
4-2- Forme de conduite et système de taille . .	44
4-3- Les porte greffes : .	47
PARTIE II : L'alimentation minérale de la vigne .	51
Introduction . .	51
1- Les besoins en éléments minéraux de la vigne . .	52

2- Le rôle des éléments minéraux .	54
2-1- L'azote . .	55
2-2- Lephosphore . .	55
2-3- Lepotassium . .	56
2-4- Le magnésium .	57
2-5- Lecalcium .	58
3- Physiologie de l'absorption minérale de la vigne .	59
4- Le contrôle de l'alimentation minérale de la vigne .	60
4-1- Le sol . .	60
4-2- Le diagnostic foliaire de la vigne .	64
4-3- Le diagnostic pétiolaire . .	67
Partie III : Le vignoble étudié . .	69
1- Caractéristiques des zones étudiées .	69
1-1- Situation géographique . .	70
1-2- Cadre structural des zones étudiées .	72
2- Le climat viticole des zones étudiées . .	75
Introduction .	75
2-1- Les précipitations . .	75
2-2- Les températures .	77
2-3- Amplitude thermique moyenne, indice de continentalité . .	78
2-4- Les vents . .	78
2-5- Les gelées . .	79
2-6- La grêle .	79
2-7- Diagrammes ombrothermiques .	80
2-8- Quotient pluviothermique et étages bioclimatiques d'Emberger .	81
Conclusion . .	82
Partie IV : Alimentation minérale du vignoble étudié .	85
1- Etude des sols . .	85
1-1- Les sols de la zone de Bordj-Ménaiel . .	87

1-2- Les sols de la zone de Tizi-Ouzou .	88
2- Etat nutritionnel du Dattier de Beyrouth greffé sur 41B .	89
2-1- L'azote . .	90
2-2- Le phosphore .	92
2-3- Le potassium .	94
2-4- Le magnésium .	96
2-5- Le calcium . .	98
3- Niveaux de nutrition des vignes .	99
3-1- Rapport K/Mg. . .	100
3-2- Rapport K / Mg + Ca . .	102
Conclusion . .	102
4- La culture hors sol du cépage Dattier de Beyrouth greffé sur 41 B et SO4 .	103
Introduction .	103
4-1- Le lieu d'expérimentation .	104
4-2- Les solutions nutritives . .	104
4-3- Traitements statistiques .	106
4-4- Influence des équilibres ioniques K-Mg sur la teneur en cations (K, Ca, Mg) du cépage Dattier de Beyrouth greffé sur 41B .	107
4-5- Influence des équilibres ioniques K-Mg sur la teneur en cations (K, Ca, Mg) du cépage Dattier de Beyrouth greffé sur le SO4. .	109
Conclusion . .	112
5- Suivi pluriannuel des vignes étudiées .	115
5-1- L'azote . .	117
5-2- Le phosphore .	117
5-3- Le potassium .	118
5-4- Le magnésium .	118
5-5- Le calcium . .	119
Conclusion . .	119
6- Fertilisation des vignes étudiées .	120
6-1- L'azote . .	123

6-2- Le phosphore .	123
6-3- Le potassium et le magnésium . .	124
6-4- Les oligo-éléments . .	124
6-5- L'amendement organique .	125
Discussions générales . .	125
Conclusion générale .	127
Bibliographie . .	129
ANNEXES .	137
Annexe 1 : Méthodes d'analyses physico-chimiques des sols .	137
Annexe 2: Analyses physiques des sols de la région de Bordj-Ménaïel . .	138
Annexe 3 : Analyses chimiques des sols de la région de Bordj-Ménaïel (P* : n° des parcelles) . .	139
Annexe 4 : Analyses physiques des sols de la région de Tizi-Ouzou . .	139
Annexe 5 : Analyses chimiques des sols de Tizi-Ouzou (P* : n° des parcelles) . .	140
Annexe 6: Barème d'interprétation du taux de matière organique selon le taux d'argile (Spring <i>et al.</i> ,2003). . .	141
Annexe 7 : Barème d'interprétation du pH _{H2O} (Spring <i>et al.</i> , 2003). . .	142
Annexe 8 : Barème d'interprétation de la teneur en calcaire total (Spring <i>et al.</i> ,2003). .	142
Annexe 9 : Barème d'appréciation de la CEC et du réservoir alimentaire (Spring <i>et al.</i> ,2003) .	142
Annexe 10 : Barème d'interprétation du taux de saturation en calcium et de l'état calcique du sol (Spring <i>et al.</i> , 2003). . .	143
Annexe 11 : Relation entre nature et texture eu sol (Spring <i>et al.</i> , 2003). .	143
Annexe 12 : Méthodes d'analyses foliaires . .	143
Annexe 13 : Données analytiques (Limbes). Campagne 91/92 Bordj-Ménaïel . .	144
Annexe 14 : Données analytiques (Pétioles). Campagne 91/92 Bordj-Ménaïel .	144
Annexe 15 : Données analytiques (Limbes). Campagne 92/93 Bordj-Ménaïel . .	145
Annexe 16 : Données analytiques (Pétioles). Campagne 92/93 Bordj-Ménaïel .	146
Annexe 17 : Données analytiques (Limbes). Campagne 91/92 Tizi Ouzou .	147
Annexe 18 : Données analytiques (Pétioles). Campagne 91/92 Tizi Ouzou .	148
Annexe 19 : Données analytiques (Limbes). Campagne 92/93 Tizi Ouzou .	149

Annexe 20 : Données analytiques (Pétioles). Campagne 92/93 Tizi Ouzou .	150
Annexe 21: Données du diagnostic foliaire en % M.S (Campagne 84/85) Région de Bordj-Ménaïel .	150
Annexe 22: Données du diagnostic foliaire en % M.S (Campagne 85/86) Région de Bordj-Ménaïel .	151
Annexe 23 : Données du diagnostic foliaire en % M.S (Campagne 91/92) Région de Bordj-Ménaïel .	151
Annexe 24 : Données du diagnostic foliaire en % M.S (Campagne 92/93) Région de Bordj-Ménaïel .	152
Annexe 25 : Données du diagnostic foliaire en % M.S (Campagne 93/94) Région de Bordj-Ménaïel .	152
Annexe 26 : Données du diagnostic foliaire en % M.S (Campagne 94/95) Région de Bordj-Ménaïel .	153
Annexe 27 : Données du diagnostic foliaire en % M.S (Campagne 89/90) Région de Tizi-Ouzou . .	154
Annexe 28 : Données du diagnostic foliaire en % M.S (Campagne 91/92) Région de Tizi-Ouzou . .	154
Annexe 29: Données du diagnostic foliaire en % M.S (Campagne 91/92) Région de Tizi-Ouzou . .	155
Annexe 30 : Données du diagnostic foliaire en % M.S (Campagne 92/93) Région de Tizi-Ouzou . .	156
Annexe 31 : Dénomination des parcelles étudiées . .	156

Dédicace A mes parents A mon frère Brahim et à mes sœurs A ma femme A mes filles Je dédie ce travail

ص خلم

في إطار غرس واعلاء غرس الكروم في الجزائر وتوضيح قانون ينظم مستقبلا هذه الزراعة بدون المساس بالمحيط. نَقَرَح نَمَاش لَدَراسَتنا اِتِّباع التَّهْيِة التَّطائِة لِزِراعَة الكروم ذِي منطَقَة القَبائِل الكيرِي بِاسْتِعمال عِلم الخِراط الرِّقْمِي الَّذِي يَمكِن نُحْيِة لِمدتَلَف مناطِق جِزائِر. سَمَح اِداسْتِبان التَّشامِل لِكروم مناطِق بَرِج مَنابِل و تِيزِي و زو بِخَير كروم مَرجِة اِبْراء عَلى نَل واحِدَة مَنها. مَتابعَة زِراعِة بِواسِطَة تحاليل لِتِربَة و التَّشخِص لِأوراق و اَعناق العُنب. اُنْجَزت مَجالات التَّغْذِة المَعْدِنِة لِعُنب المَاندَة المَدروس: بِدِراسَة التَّوازِنات الأيُونِة لِنيوتاسيوم و المَغْزِيوم المَطعْمَة عَلى أُصول 41B و SO4 في الزِراعَة المَنيَة وذلِك بِالمقارَنَة و التَّبعَة لِمتعدِدَة لَعْدَة سَنوات بِالتَّشخِص لِأوراق لِلكروم لِمتواذِة في سَهول و مَنحدرات جِبال المَناطق المَدروسَة. الكَلِمات لِمختَصِرَة: لِتَهْيِة التَّطائِة، عِلم الخِراط الرِّقْمِي، كَدائِل التِربَة و التَّشخِص لِأوراق لِعُنب، الزِراعَة المَنيَة.

Résumé

Dans le cadre de la plantation et la reconstitution du vignoble en Algérie et dans la perspective d'une réglementation régissant la filière viticole sans pour autant accentuer et détériorer l'environnement. Nous proposons comme exemple une démarche de zonage des potentialités viticoles, en Grande Kabylie, par cartographie numérique pouvant être généralisée par la suite à toutes les régions d'Algérie d'une part. L'enquête globale des vignobles des zones de Bordj-Ménaïel et de Tizi-Ouzou, nous a permis de déterminer des unités pédoclimatiques homogènes, de choisir des parcelles de référence et d'effectuer sur chacune d'elle un suivi agronomique (par analyse de sols, diagnostic foliaire et pétiole) d'autre part. Les seuils de nutrition minérale du vignoble de table étudié, sont établis à partir de l'étude des balances ioniques K-Mg sur les assemblages Dattier de Beyrouth greffé sur 41B et SO4 (hydroponique stricte), en comparaison avec le suivi pluriannuel du diagnostic foliaire des vignes localisées dans les plaines et coteaux des zones étudiées

Mots clés : Zonage, cartographie numérique, analyse de sols et foliaires, hydroponique.

Abstract

Within the framework of plantation and renew of the vineyard in Algeria and the perspective of a rule governing vineyard field without stressing or damaging environment. We propose as example a method of zoning of vineyard potentialities in Grande Kabylie by using digital (numeric) cartography which can be generalised afterward in all regions of Algeria on one hand. The global investigation of the vineyards of the zones of Bordj-Ménaïel and Tizi-Ouzou, enabled us to determine homogeneous pedoclimatic units, to choose plots of reference and to carry out on each one of it an agronomic follow-up (by analysis of soils, foliar and petiolar diagnosis) in other hand. The thresholds of mineral nutrition of the vineyard of table studied are established starting from the study of the ionic balances K-Mg on assemblies Dattier of Beyrouth grafted on 41B and SO4 (Hydroponic strict), in comparison with the multiannual follow-up of the foliar diagnosis of the grapevines located in the plains and slopes of zones studies.

Keys words: Zoning of vineyard, digital (numeric) cartography, analysis of soils and foliar, hydroponic.

Avant propos

Je souhaite d'abord exprimer ma profonde reconnaissance au Professeur Amor Halitim de l'université Hadj Lakhdar de Batna, d'avoir accepté de diriger ce travail et de m'avoir soutenu tout au long de la réalisation de cette thèse.

Je tiens également à remercier le Professeur Marc Garcia de l'ENSA Toulouse, mon co-Directeur de thèse, de m'avoir accepté dans son équipe de recherches. Je lui témoigne de ma profonde gratitude pour le soutien qu'il m'a apporté dans ce travail et pour son aide précieuse lors de la rédaction des publications et de ce document. Je ne saurais décrire le plaisir que j'ai pris depuis plusieurs années à évoluer dans l'équipe qu'il dirige et cela malgré son tempérament méditerranéen. Je tiens particulièrement à remercier, Monsieur Dominique Vignes Professeur au Centre d'Etudes de la Biosphère de Toulouse de m'avoir accepté de réaliser mon travail de cartographie numérique et M^{me} Pierette Gouaux de l'aide précieuse qu'elle m'a prodiguée pour la réalisation du zonage des potentialités viticoles de la Grande Kabylie. Mes remerciements pour Monsieur De Monpezat Docteur en Pédologie pour son aide précieuse et ses conseils pour l'interprétation des données pédologiques.

J'exprime ma reconnaissance à Monsieur Mohamed El Moncef Bentchikou professeur à l'université Ain El Bey Constantine d'avoir accepté de présider ce jury et de m'avoir orienté pour le choix de ce thème de recherche.

Mes vifs remerciements pour Monsieur Kaddour Djili professeur au département de sciences du sol de l'INA d'El Harrach d'avoir accepté d'examiner ce travail et de la correction des différentes parties de la thèse, qu'il trouve ici ma profonde reconnaissance.

Ma reconnaissance pour Monsieur Youcef Daoud professeur au département de sciences du sol de l'INA d'El Harrach de l'aide qu'il m'a apporté pour les publications aux annales de l'INA et de son soutien tout au long de ma formation à l'INA.

Je remercie aussi les membres de notre équipe du laboratoire de viticulture et d'œnologie de l'ENSAT (Daverede C., Gallego P., Ibrahim H., Attia F., Cadet A.) pour leur aide et conseils au courant de la réalisation des cultures hors sol.

Je tiens à adresser mes remerciements également à Monsieur F. Dedieu et Monsieur P. Maçou qui m'ont supporté tout au long de ma présence au laboratoire de viticulture et d'œnologie de l'ENSAT., ainsi qu'aux équipes des laboratoires de pédologie de l'ENSAT et de l'INA d'El Harrach qui m'ont permis d'effectuer les analyses foliaires et physico-chimiques des sols.

Mes remerciements les plus sincères à Monsieur Rezki Chaouche PDG de Cosider Agral et à tout le personnel de Cosider Agral.

Je remercie aussi M^{me} BENAZIZA D., M^{me} N. Mimoune, M^{lle} D. Kechad, M^{me} Y. Sellam, M^{me} Sedouki, Monsieur A. Kameli, Monsieur B. Nedjmi, Monsieur N. Mahdi, Monsieur Y. Mahdi, Monsieur M. Rahali, Monsieur A. Baz et Monsieur M. Lemgrharbi, Monsieur N. Adjlane, Monsieur A. Medjadba qui m'ont soutenu et aidé moralement à continuer et venir à bout de ce travail.

Enfin, je remercie tout le personnel de L'ENS de Kouba et particulièrement Monsieur Abdelhamid Meraghni Directeur de l'ENS et Monsieur M'hamed Zaoui chef du département des sciences naturelles sans oublier Monsieur Abdelghani Zitouni et à l'équipe de Monsieur Sabaou

Nasseredine et à toutes les personnes qui m'ont aidé de près ou de loin et qui ont participé à ce projet.

Introduction Générale

La culture du raisin de table dans le monde est estimée à 800 000 ha et produit 12 millions de tonnes avec un rendement moyen de 98 q/ha (Aigrain, 2003). La production européenne constitue 50 % de l'offre mondiale, la production Asiatique 25 %, celle des Amériques 19 %, de l'Afrique 7 % et de l'Océanie 1% (Bacarella et Fardella., 1992).

En Algérie, la superficie des vignes de table recensée est passée de 5240 ha en 1960 à 41 847 ha en 2002 toutes variétés confondues (MADR, 2003). La consommation du raisin de table en Algérie est de l'ordre de 5 kg/habitant (ONS, 2003). Il serait intéressant de s'inscrire dans une démarche raisonnée du vignoble pour satisfaire la demande croissante en raisins de table.

Notre but dans ce travail, est de contribuer à la réalisation d'une cartographie des aires potentielles pour l'extension du vignoble en Grande Kabylie dans un souci de conservation des sols, qui permettra de satisfaire la demande croissante en raisin de table et constituera une ressource économique importante.

L'enquête globale des vignobles des zones de Bordj-Ménaiel et de Tizi-Ouzou (Toumi, 1997), nous a permis de déterminer des unités pédoclimatiques homogènes, de choisir des parcelles de référence et d'effectuer sur chacune d'elle un suivi agronomique (analyse de sols, diagnostic foliaire et pétiolaire), selon la méthodologie établie par Garcia et al. (1984).

Différents travaux (Delas 1979, 1990 et 1991 ; Loué 1977, 1990) ont mis en évidence l'importance des éléments minéraux sur la nutrition minérale de la vigne. La pratique

d'une fertilisation raisonnée, en fonction de la richesse des sols et des conditions climatiques qui influencent l'assimilation des éléments minéraux par la plante, permettent l'obtention de raisin de bonne qualité (Doux *et al.*, 1985 ; Garcia *et al.*, 1984).

Du fait de l'absence d'une approche raisonnée de la fertilisation, qui tient compte de la fertilité des sols, le conseil de fumure en Algérie repose essentiellement sur des formules dites équilibrées qui ne répondent pas le plus souvent aux facteurs de production viticole (Bentchikou, 1987).

En viticulture, la nutrition minérale de la plante et en particulier la nutrition cationique a une grande importance sur la qualité des raisins (Daverede, 1997), notamment dans les zones de Bordj-Ménaïel et de Tizi-Ouzou où les sols sont en majorité calcaires entraînant des antagonismes entre les cations principalement le potassium et le magnésium puisque les sols sont toujours saturés en calcium (Toumi, 1997).

L'évaluation de la nutrition minérale est souvent réalisée par diagnostic foliaire (Bovay, 1960 ; Delas, 1990). Cette technique permet de donner un conseil de fumure mieux adaptée aux besoins nutritionnels de la vigne et de mieux connaître les besoins nutritifs sans astreindre les aléas climatiques et la complexité des composants du sol (Morard, 1995). Nous avons réalisé des expérimentations en culture hors sol (conditions contrôlées), cette technique déjà utilisée sur la vigne, nous permet d'étudier avec précision la physiologie de la nutrition de divers cépages (Négrette : Daverede, 1997 ; Cabernet Sauvignon : Garcia et Charbadji, 1993).

Le potassium et le magnésium ont en effet une grande influence sur la nutrition minérale de la vigne. Les rapports ioniques entre ces deux éléments jouent un rôle important sur le métabolisme de la plante et sur la qualité du raisin (Delas et Molot, 1968).

Le potassium favorise la croissance, augmente la résistance à la sécheresse ainsi que le taux de sucres, influence l'acidité des raisins (Daverede, 1997), il joue un rôle enzymatique, il intervient dans la migration des métabolites et il permet l'accumulation des sucres dans les baies (Champagnol, 1984). Le magnésium intervient essentiellement sur la photosynthèse. Il est l'un des constituants principaux de la chlorophylle (Marschner, 1997). Il est également le cofacteur des enzymes impliqués dans le processus de phosphorylation.

Les sols de notre région sont toujours saturés en calcium, nous avons donc testé différentes solutions nutritives en faisant varier les teneurs relatives entre le potassium et le magnésium. La teneur en calcium étant toujours constante ainsi que les sommes cationiques.

Les résultats obtenus en culture hors sol (Toumi, 2002) et ceux obtenus par suivi agronomique des parcelles de référence (analyses de sol et diagnostic foliaire), nous ont permis de mieux connaître les besoins en éléments fertilisants du Dattier de Beyrouth, la physiologie de sa nutrition, et ainsi pouvoir pratiquer une fertilisation raisonnée en vue d'obtenir des raisins de qualité. Le choix de cette variété repose sur ces caractéristiques qualitatives et sa plasticité d'adaptation dans les différentes situations des sols viticoles de l'Algérie (Basler, 2000).

Le présent document est constitué de quatre parties : la première partie présentera le

zonage viticole, la deuxième partie concerne l'étude bibliographique de l'alimentation minérale de la vigne, la troisième partie abordera le vignoble étudié, la quatrième partie traitera l'alimentation minérale du vignoble étudié. Enfin une conclusion générale sur les points essentiels abordés dans ce travail et les perspectives offertes par une telle étude.

Partie I : Le zonage viticole

Introduction

Dans le cadre de la plantation et la reconstitution du vignoble en Algérie, et préalablement à l'étude de l'alimentation minérale (vignoble de table) qui constitue le corps principal du travail entrepris. Il est intéressant de dégager les potentialités d'un territoire où la culture de la vigne est globalement possible afin de mettre en évidence les nuances territoriales qui permettraient une bonne gestion du vignoble local (zonage de qualité étalement des dates de maturité, échelonnement des vendanges).

Nous proposons une démarche de délimitation des aires favorables à la culture de la vigne en Grande Kabylie, par la méthodologie adoptée par différents auteurs (Morlat et Salette, 1977 ; Vaudour, 2003), pouvant être généralisée par la suite à toutes les régions d'Algérie.

De nombreux travaux réalisés sur les terroirs viticoles (Asselin *et al.*, 2003 ; Morlat *et al.*, 2000 ; Rodriguez-Lovelle et Fabre, 2000 ; Van Leeuwen, 1989 ; Vignes *et al.*, 1992) ont eu pour objectif de comprendre le comportement des sols et l'influence de différents paramètres environnementaux afin d'évaluer le potentiel d'une zone (Région, commune, parcelle) pour la production de raisins de qualité. Des essais sur la relation terroir - vigne sont menés depuis de nombreuses années sur la vigne (Lacouture et Cantagrel, 1987).

La quantification des régimes hydriques du sol et de la plante pour appréhender la gestion de l'eau dans les terroirs viticoles à l'échelle régionale (Asselin *et al.*, 2001).

La cartographie des sols à l'échelle de l'exploitation viticole, voire de la parcelle, a pour objectif le conseil viticole appliqué; la méthode accorde une grande importance à la dimension humaine des terroirs (Morlat, 1996).

Ainsi, cette notion de terroir peut être abordée à différentes échelles et intègre de façon complexe plusieurs facteurs physiques du milieu naturel, dont en particulier le sol (Asselin *et al.*, 2003 ; Cam *et al.*, 2003).

L'étude des terroirs viticoles permettent de distinguer divers types d'approches comme la délimitation des aires d'appellation d'origine contrôlée (Besnard *et al.*, 2002)

Plusieurs auteurs (Huglin, 1986 ; Riou *et al.*, 1995) ont étudié l'influence du climat sur la vigne et ont pu établir des indices bioclimatiques, pouvant servir au zonage à petite échelle (pays, continent).

En viticulture, les caractéristiques climatiques de l'environnement conditionnent la plus ou moins bonne adaptation des cépages et la qualité des raisins qui en résulte. Le zonage climatique revient à distinguer trois niveaux en interdépendance :

- le macroclimat responsable des grandes caractéristiques du climat régional,
- le mésoclimat ou climat local qui joue un rôle important sur le développement de la vigne et la maturation des raisins, associé de fait, à l'Unité Terroir de Base (UTB),
- le microclimat qui règne sur une superficie réellement très réduite, au niveau de la souche en particulier.

En matière de zonage, l'analyse des comportements mésoclimatiques et pédoclimatiques en fonction de leurs caractéristiques d'état (étage géologique, nature pétrographique de la roche, profil pédologique et environnement paysager) serait intéressante à prendre en compte. En effet, ils interagissent fortement sur les variables écophysiologiques impliquées dans l'interaction géotype x terroir (photosynthèse, alimentation en eau précocité du cycle). La démarche scientifique peut aider à analyser les multiples interactions du système milieu naturel/vigne et permet d'améliorer les niveaux d'objectivité nécessaire à la révision des zones géographiques de production viticole (Asselin *et al.*, 2001).

D'autres recherches se sont intéressées à l'influence du terroir sur le fonctionnement de la vigne (Van Leeuwen et Seguin, 1996) et d'autres encore (Astruc *et al.*, 1980) à la chaîne dans son ensemble (Approches systémiques intégrées).

Actuellement, le progrès de l'informatique permet de gérer spatialement un grand nombre de données du milieu, ont donné naissance à plusieurs approches de type croisements multidimensionnels de variables numérisées disponibles, pour caractériser les terroirs (Dolédéc *et al.*, 1996 ; Vaudour, 2003).

1- Définition du zonage

Une zone (du grec = ceinture) est une partie du globe, caractérisée par un macro-climat. La FAO (Vaudour, 2003) désigne ainsi les zones agro-écologiques : « **unité cartographique de ressources en terres, définie en termes de climat, de géomorphologie et de sols, et/ou du couvert végétal et possédant un éventail de potentiels et de contraintes pour l'utilisation des terres** ». Le vocable de « zones » est également développé en urbanisme (Zones d'aménagement concerté ou ZAC ; zones d'aménagement différé ou ZAD ; zones à aménager en priorité ou ZAP), ainsi que dans les domaines administratif, juridique et touristique (Zone d'Aménagement Touristique ou ZAT) (Vaudour, 2003).

Le zonage est également développé en urbanisme administratif et juridique. Le zonage est l'opération organisant la répartition d'un territoire en zones et fixant pour chacune d'elles le genre et les conditions de l'utilisation du sol. La plupart des documents de planification proposent un zonage : schéma directeur plan d'occupation des sols, plan d'exposition au bruit, plan de sauvegarde et de mise en valeur, plan d'aménagement de zone. Le zonage des terroirs viticoles peut être vu comme un type de zonage agro-écologique. Dans le cadre de la définition d'aires d'indications géographiques, il est un zonage de protection (produit), et par le fait qu'il contribue au développement régional, il est aussi un zonage d'aménagement (Morlat et Salette, 1977 ; Gouaux et Tosca, 1994 ; Vaudour 2003 ; Vignes *et al.*, 1993).

1-1- Méthodes du zonage

Le zonage viticole permet de caractériser le milieu favorable pour l'implantation des différents cépages selon leurs exigences et besoins nutritionnels (Morlat et Salette, 1977).

1-1-1-Zonage « d'unités terroir de base » (UTB).

Une telle approche cartographique relève d'une cartographie raisonnée. Elle se focalise sur les observations d'un réseau de parcelles, supposées représentatives d'autant d'unités fonctionnelles de terroir. Si elle est d'abord une approche multilocale, elle est fondée sur une série de données parcellaires ponctuelles. Elle s'accompagne d'un volet cartographique. Les résultats d'une caractérisation des terroirs viticole à l'aide du concept d'Unité Terroir de Base, ont donné lieu à la publication d'atlas cartographiques à l'échelle communale (Morlat, 1996). Ces recherches traitent de l'importance des différents facteurs physiques et climatiques sur le fonctionnement de la vigne, avec une application concernant en particulier le choix des porte-greffes, des cépages et des pratiques agro viticoles. Elles concernent plusieurs volets du terroir dont notamment le potentiel viticole des sols, le potentiel vendange, et la notion de typicité du produit (Vaudour, 2003).

1-1-2- Méthodes géostatistiques

La géostatistique vise à la quantification et à la modélisation des propriétés du milieu des phénomènes qui se déploient dans l'espace, dits « régionalisés ». La résolution élevée associée au zonage de l'UTB rend possible l'exécution des méthodes géostatistiques, que favorise une structuration des informations sous système d'information géographique (SIG).

1-1-3- Zonage par thématization

Les zonages d'aptitude de la vigne ou de terroirs viticoles résultent de diverses méthodes de thématization des propriétés agronomiques. Celles-ci dérivent des méthodes de l'analyse multicritère, qui ne sont pas nécessairement cartographiques, et considèrent plusieurs critères conjointement, afin de résoudre divers problèmes, environnementaux ou économiques et faciliter les prises de décisions (Vaudour, 2003).

1-1-4- Zonage par combinaison de modèles spatiaux

Les méthodes par combinaison de modèles spatiaux sont multicritères : elles croisent sous système d'information géographique (SIG), différentes informations spatiales thématiques ou non, décrites par des variables de divers types (quantitatif ou qualitatif).

La démarche vise à la détermination d'unités dites unités de paysage à partir d'un modèle numérique d'altitude (sans données pédologiques) au format raster, à une maille (ou pixel).

Différentes analyses en composantes principales successives sont opérées sur les variables quantitatives suivantes, dérivés du modèle numérique altitudinal (MNA) : altitude en mètres, insolation théorique en W/heure/m², reçues au solstice d'été (21 juin) ainsi qu'au équinoxes de printemps (21 mars) et d'automne (21 septembre), pente en %, exposition moyenne méridionale (0 à 180°) exposition moyenne occidentale (90 à 270°).

Le modèle numérique de terrain (MNT) est la méthode retenue pour notre étude. Il comporte les aspects suivants, après prise en considération de la situation du terrain par rapport au paysage général (Plateau, coteau, pente, bosse, fond de vallon, vallée) :

- l'inclinaison du plan de surface par rapport à l'horizontale,
- l'intensité de cette inclinaison
- l'orientation de l'inclinaison
- la régularité ou l'irrégularité de l'inclinaison.

Les critères de pente sont essentiels à préciser, notamment l'orientation et l'importance de l'inclinaison.

L'orientation peut avoir un rôle essentiel sur la maturation des raisins et sur la santé du vignoble (Ressuyage, balayage par les vents, échauffement, ensoleillement).

L'inclinaison fournit une indication précise, pour un type pédologiquement défini et des conditions climatiques données, de la susceptibilité du sol à l'érosion hydrique.

Le ruissellement sur les pentes, lorsque les conditions optimales sont rassemblées

provoque un entraînement considérable de matériaux vers les parties basses et la destruction progressive de la couche arable fertile sur la pente. Les vignobles seront implantés selon les courbes de niveaux et réalisation de banquettes (défense et restauration des sols) (Vaudour, 2003).

2- Facteurs écologiques du vignoble étudié

Les facteurs considérés peuvent être d'ordre climatique, édaphique, topographique.

Etant donné que les caractères climatiques de la zone considérée sont globalement favorables à la culture de la vigne (climat méditerranéen plus ou moins nuancé) et donc ne constituent pas de limitation au développement du vignoble, nous ne considérons pas directement ce facteur dans la réalisation du zonage.

Les caractères édaphiques ne seront pas de même considérés que partiellement, du fait de la diversité des cépages utilisés et de leur plasticité édaphique. Seule sera considérée l'érodabilité des substrats, facteur à prendre en compte dans un souci de préservation de l'environnement et donc de conservation des sols cultureux.

Le zonage réalisé s'appuie principalement sur les éléments de la topographie liés à l'orographie et aux formes de terrain (pente, exposition). Il est d'ailleurs important de noter que la topographie induit et exerce son action par l'intermédiaire des modifications climatiques et édaphiques.

2-1- Description et justification des facteurs retenus du vignoble étudié

2-1-1- Altitude

Son action est essentiellement d'ordre climatique. La vigne peut croître jusqu'à des altitudes élevées même si elle est *le facteur habituel* du vignoble établi sous des climats tempérés frais ; en revanche son influence peut être bénéfique dans les régions viticoles sous climats chauds où l'on peut tirer avantage de l'altitude pour rafraîchir les conditions de développement. Dans la zone d'étude, considérant d'une part qu'au-delà d'une certaine altitude l'occupation du sol est essentiellement forestière (sylviculture du chêne liège indiqué sur la Carte Internationale à 1/5000 000 du tapis végétal et des conditions écologiques, feuille d'Alger) et d'autre part que la culture de l'olivier prend traditionnellement le relais de la vigne en altitude, nous prenons 600 m comme limite supérieure du vignoble.

Il ressort de l'étude globale des régions étudiées que les vignobles à caractère commercial se développent en coteaux et plaines des oueds Isser et Sebaou (Toumi, 1997).

Par ailleurs, les ceps de vignes isolées peuvent se trouver à des altitudes nettement

supérieures à 600 m et ne peuvent constituer des cultures commerciales (terrains accidentés pente généralement supérieure à 30%).

2-1-2- Pente

Facteur important dans la délimitation du zonage, son action s'étend sur plusieurs secteurs :

- Les conditions d'exploitation culturale : usage du matériel agricole en particulier, sens du labour...
- Les conditions énergiques du site: angle d'incidence du rayonnement solaire, quantité d'énergie reçue.
- La conservation des sols

L'action conjuguée dans ces différents domaines conduit à proposer un classement des pentes en fonction de son niveau d'influence. La réflexion menée sur ce point tient compte de :

- L'emploi du matériel agricole limite à 20 % la culture des sols.
- La nature même de la culture- vigne définie comme une culture érosive compte tenu des procédés culturaux mis en œuvre qui posent un problème de conservation des sols dans un contexte climatique sensible.

L'érodabilité des sols augmentant avec la pente.

Compte tenu de ce qui précède et du classement des pentes proposé par le Bureau National d'Etudes pour le Développement Rural (BNEDR) pour leur cartographie nous utilisons dans cette étude un classement similaire

- Pentes inférieures à 3%
- 3-8%
- 8-13%
- Pentes > 13%

2-1-3- Orientation

Son action combinée à celle de la pente concerne la distribution du rayonnement terrestre: angle d'incidence du rayonnement et quantité d'énergie reçue.

En effet l'influence de la topographie (pente, exposition) sur la distribution du rayonnement solaire est déterminante. Les deux éléments topographiques jouent sur l'angle d'incidence de ce rayonnement variable selon le lieu (coordonnées géographiques), la date et l'heure et sur la quantité d'énergie reçue au sol. Par exemple dans l'hémisphère Nord une station de versant orientée au sud verra arriver un rayonnement selon un angle d'incidence bien plus grand qu'une station de versant nord à pente identique ; la quantité d'énergie arrivant au sol pour un même lieu et au même

moment sera supérieure en versant sud. On peut établir pour une pente donnée, un classement des quatre orientations majeures; on trouve selon un bilan d'énergie reçue décroissant, les stations exposées au :

- 1 sud
- 2 est et ouest
- 3 nord

Le plat recevant des quantités d'énergie comparable à celles des versants est et ouest

Ce classement des orientations reste valable pour toutes les époques de l'année ; en outre, selon la période de l'année, la pente influence le bilan d'énergie reçue ; par exemple pour une pente comparable à la valeur de la latitude du lieu (pente égale) on peut avoir par jour des différences de l'ordre de 60% aux équinoxes entre versant nord et sud et de l'ordre de 35% au solstice d'été pour les mêmes expositions.

Les effets se manifestent sur le développement de la culture: développement végétatif maturation et qualité du raisin.

L'exposition contribue ainsi à améliorer la réception du rayonnement solaire. Ce caractère est utilisé pour maintenir des vignobles au-delà de leurs limites latitudinales.

En climat chaud, on peut au contraire rechercher l'effet inverse; en effet le versant sud recevra un maximum d'énergie, jouant ainsi un rôle négatif en particulier au niveau de l'échaudage ou du grillage des raisins.

Dans la zone d'étude considérant que :

L'excès d'énergie reçue en versant sud peut être préjudiciable à la viticulture.

L'exposition Est bien que recevant la même quantité d'énergie que le versant ouest mais distribuée différemment dans la journée, offre des conditions plus favorables au développement de la vigne (maximum matinal) que l'exposition ouest (maximum décalé l'après-midi) surtout en période de sécheresse estivale.

La hiérarchie retenue pour l'établissement du zonage s'établit donc comme suit,

- EST
- OUEST ET PLAT
- SUD
- NORD

2-1-4- Erodabilité du substrat :

Dans le cadre d'un aménagement des territoires la conservation des sols est un problème à prendre en compte sérieusement. Considérant le caractère global du zonage réalisé, le facteur pédologique n'est pas pris en compte à l'échelle considéré, la variabilité des sols est grande et difficile à intégrer spatialement d'autant que nous ne disposons pas de carte pédologique du secteur.

A un autre niveau de perception du phénomène viticole en particulier à une échelle plus grande, par exemple dans la détermination des terroirs viticoles, le facteur pédologique devra être pris obligatoirement en compte.

Cependant la carte lithologique, produite par le BNEDR, nous fournit les éléments nécessaires à la prise en compte de cet élément : érodabilité du substrat, grâce au classement des roches en fonction de leur capacité de résistance à l'érosion.

2-2- Méthodologie cartographique

L'outil approprié à l'élaboration de ce zonage est le Système d'Information Géographique qui permet de gérer tous les plans d'information cartographiques impliqués et définis selon les critères déterminés.

Nous utilisons le logiciel PC image de l'Ecole des Mines de Sophia Antipolis (France). Ce logiciel permet à travers différents modules, d'exécuter des fonctions similaires à celles d'un Système d'Information Géographique.

2-2-1- Saisie et Constitution de la base de données

Les plans de base sont obtenus par numérisation (pixel = 155x155m) de cartes suivantes (issues de la carte géologique au 1/200 000 d'après Thiébaud, 1951).

- **a-** la carte altimétrique à 1/200 000 la wilaya de Tizi-Ouzou par le Bureau National d'Etudes pour le Développement Rural (BNEDR). L'équidistance des courbes de niveau est de 200 m
- **b-** la carte lithologique simplifiée à 1/ 200 000 du même auteur.
- **c-** Les plans saisis sont :
 - + Le modèle numérique de terrain (MNT) de la carte altimétrique (carte 1)
 - + La carte d'érodabilité du substrat (carte 4)
- **d-** Les Cartes dérivées sont issues des cartes de saisie
 - + Soit par procédure de calcul du logiciel (pente et exposition)
 - + Soit par une procédure de combinaisons arithmétiques

2-2-2- Carte de synthèse

Elle est calculée par combinaison des trois plans : Pente, exposition, érodabilité chaque facteur apportant sa contribution à un degré plus ou moins important, selon l'influence accordée dans la détermination des potentialités viticoles et justifiée ci-dessus.

On procède en deux étapes :

- **Etape 1** : définition du territoire à vocation viticole sur la base des critères suivants :

- altitude inférieure à 600 m,
- pentes inférieures ou égales à 12 % pour tout type de substrat,
- pentes inférieures ou égales à 8 % pour les substrats peu résistants à l'érosion.

La carte de synthèse obtenue, nommée : « Base physique pour un aménagement viticole » présente l'aire possible de culture de la vigne dans un souci de préservation de l'environnement en particulier au niveau de la conservation des sols. Chaque point du paysage est renseigné et défini par rapport aux trois facteurs, altitude, pente, érodabilité du substrat. Cette carte fournit donc en chaque point, les caractères de base du milieu physique du territoire à vocation viticole.

- **Etape 2** : Zonage des potentialités viticoles, il s'agit ici de proposer sur la base de la carte précédente : « Base physique pour un aménagement viticole » un zonage de qualité du vignoble. Il est établi sur la base du poids accordé à chacun des trois facteurs dans la détermination des potentialités en matière viticole. Par exemple, les facteurs pente et exposition jouant un rôle déterminant dans la distribution de l'énergie solaire influençant fortement la qualité du raisin, seront crédités d'un poids fort dans le déterminisme cartographique. Le zonage fait apparaître un gradient de qualité décliné en 4 niveaux : moyen bon, très bon et supérieur.

2-2-3- Analyse des cartes obtenues

2-2-3-1 Cartes de base

a- Carte altimétrique (carte 1)

Les altitudes s'étendent du niveau 0 à 2158 m, du littoral au djebel Djurdjura. Le paysage orographique est organisé autour des cours principaux. (Oued Sebaou, Oued Isser). On peut le subdiviser en grands ensembles:

- zone de plaine, d'altitude < 200 m couvrant 22,6 % du territoire étudié,
- zone collinéenne, comprise entre 200 et 600 m, représentant 48,0 % du territoire,
- des zones d'altitude comprise entre 600 et 1000 m, sur 21,8 % du territoire,
- des zones d'altitude > 1000 m sur 7,5 % de la surface totale.

70,6% de la zone étudiée, est inférieure à 600 m, limite supérieure d'extension du vignoble retenue.

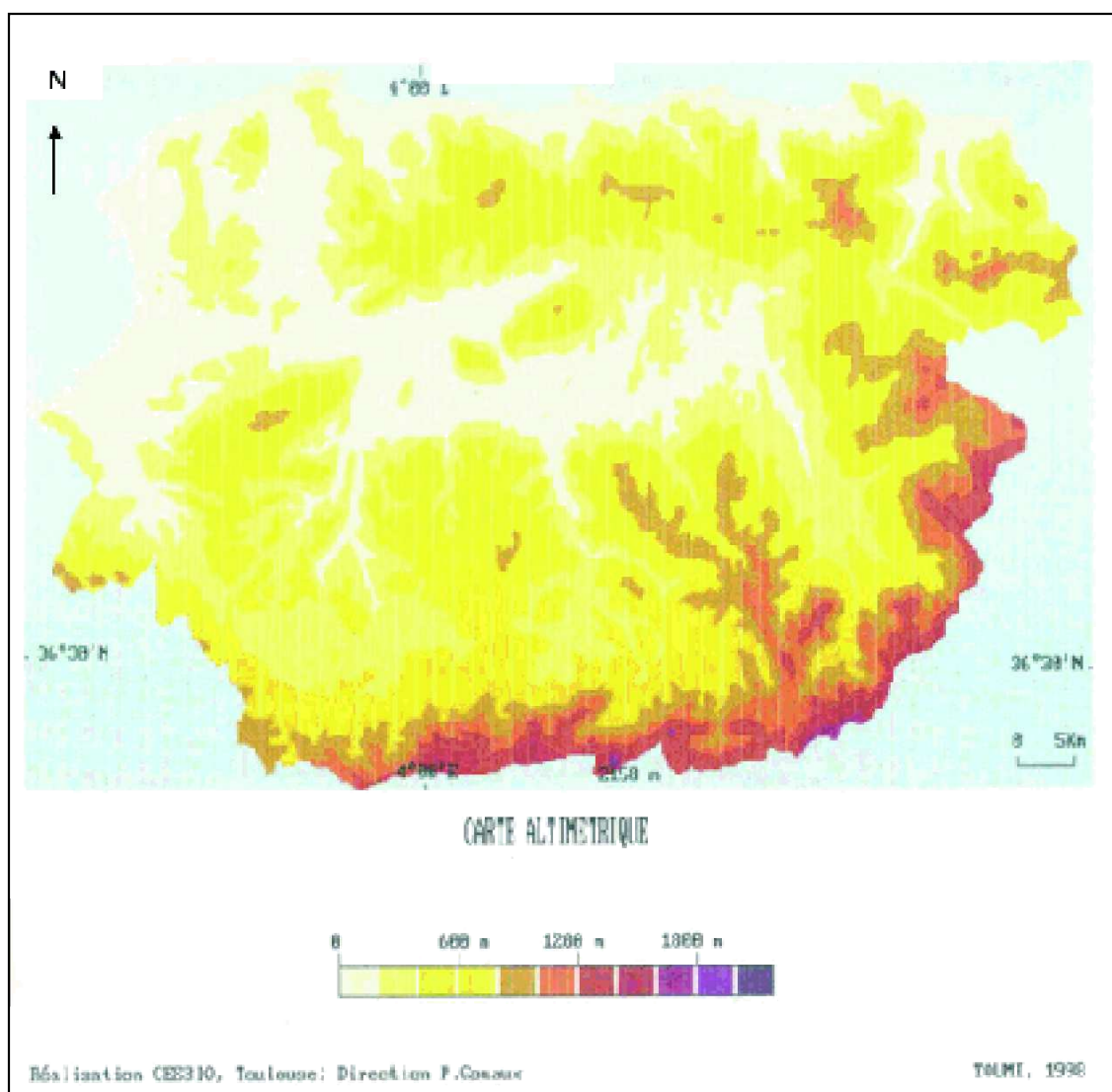


Figure 1 : Carte altimétrique des zones étudiées (carte 1)

b- Carte des pentes (carte 2)

La carte n°2 présentée montre la répartition des classes de pente sur l'ensemble de la zone. La répartition des superficies indiquées correspond aux classes retenues pour le zonage.

Tableau 1 : Répartition des superficies par classe retenues pour le zonage

Pentes	Superficies (%)
< 3%	32,4
3-8 %	17,1
8-13%	15,1
>13%	35,4

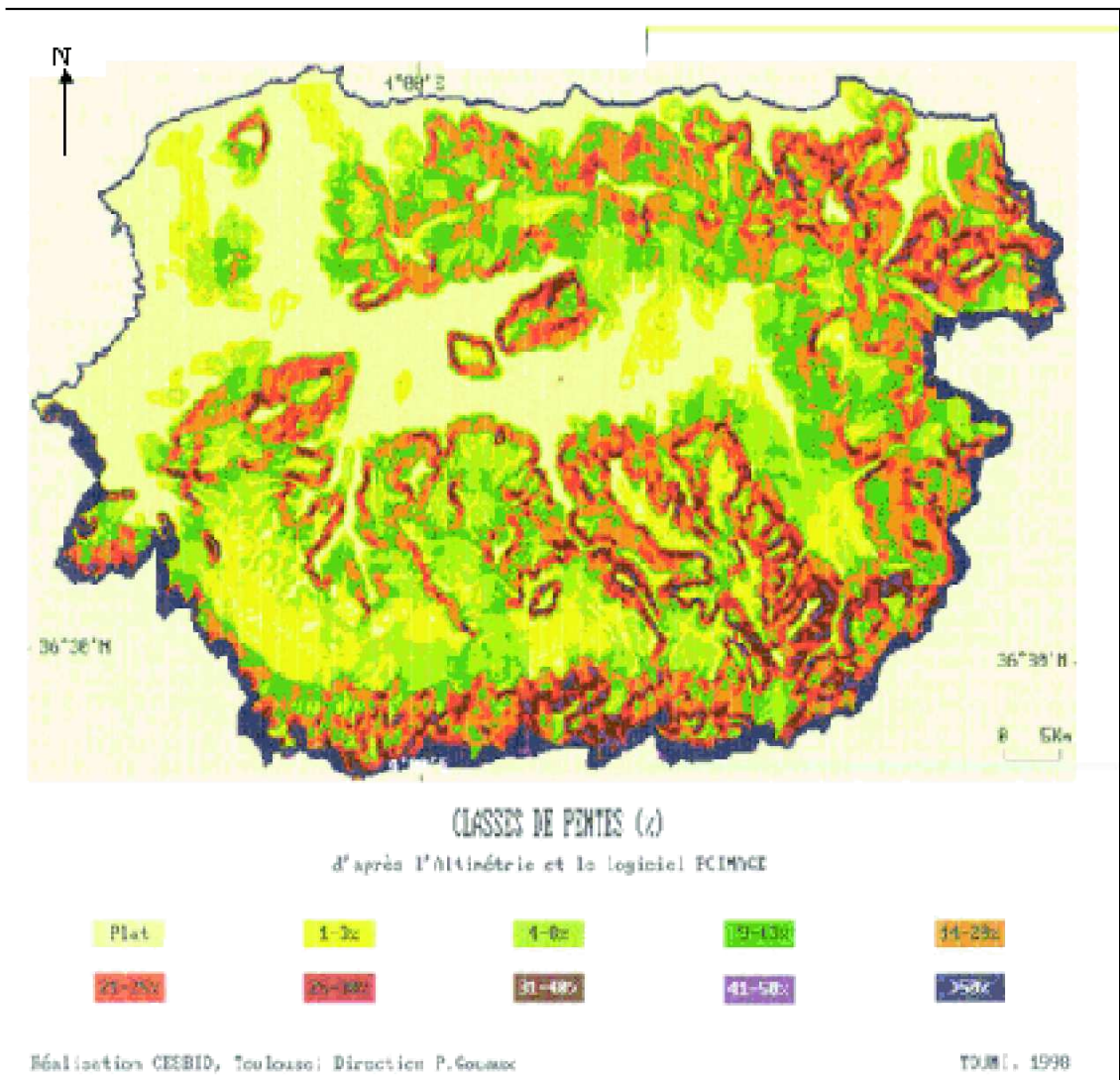


Figure 2: Classes de pentes(%) (carte 2)

c- Carte des expositions (carte 3)

Elle est organisée en quatre secteurs d'orientations axés sur les directions majeures Nord, Est, Sud, Ouest:

Le plat correspondant aux zones de pentes inférieures à 1 % et couvre 22,4 % du territoire

- Secteur Ouest représente 19 %
- Secteur Nord représente 29,3 %
- Secteur Est représente 13,6 %
- Secteur Sud représente 15,6 %

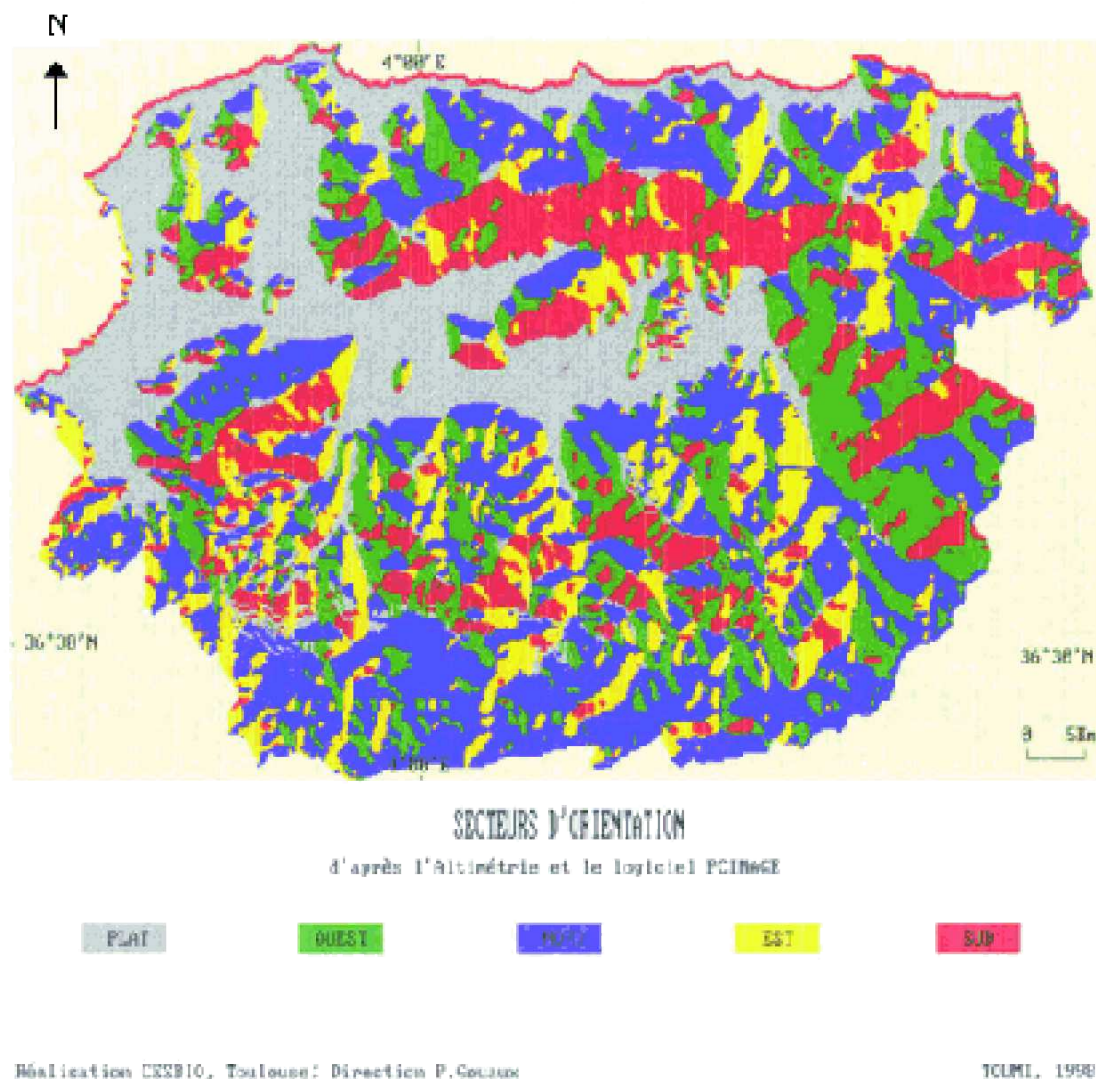


Figure 3 : Secteurs d'orientation (carte 3)

d- Carte d'érodabilité du substrat (carte 4).

Les sols peu résistants à l'érosion représentent 25,7% et regroupent les sols de plaines alluvions et argiles. Les sols moyennement résistants regroupent les roches détritiques calcaires, les schistes et flyschs (24,5 %). Les sols résistants sont représentés par les roches volcaniques, intrusives, métamorphiques et calcaires durs. Actuellement le vignoble est développé sur des sols peu résistants.

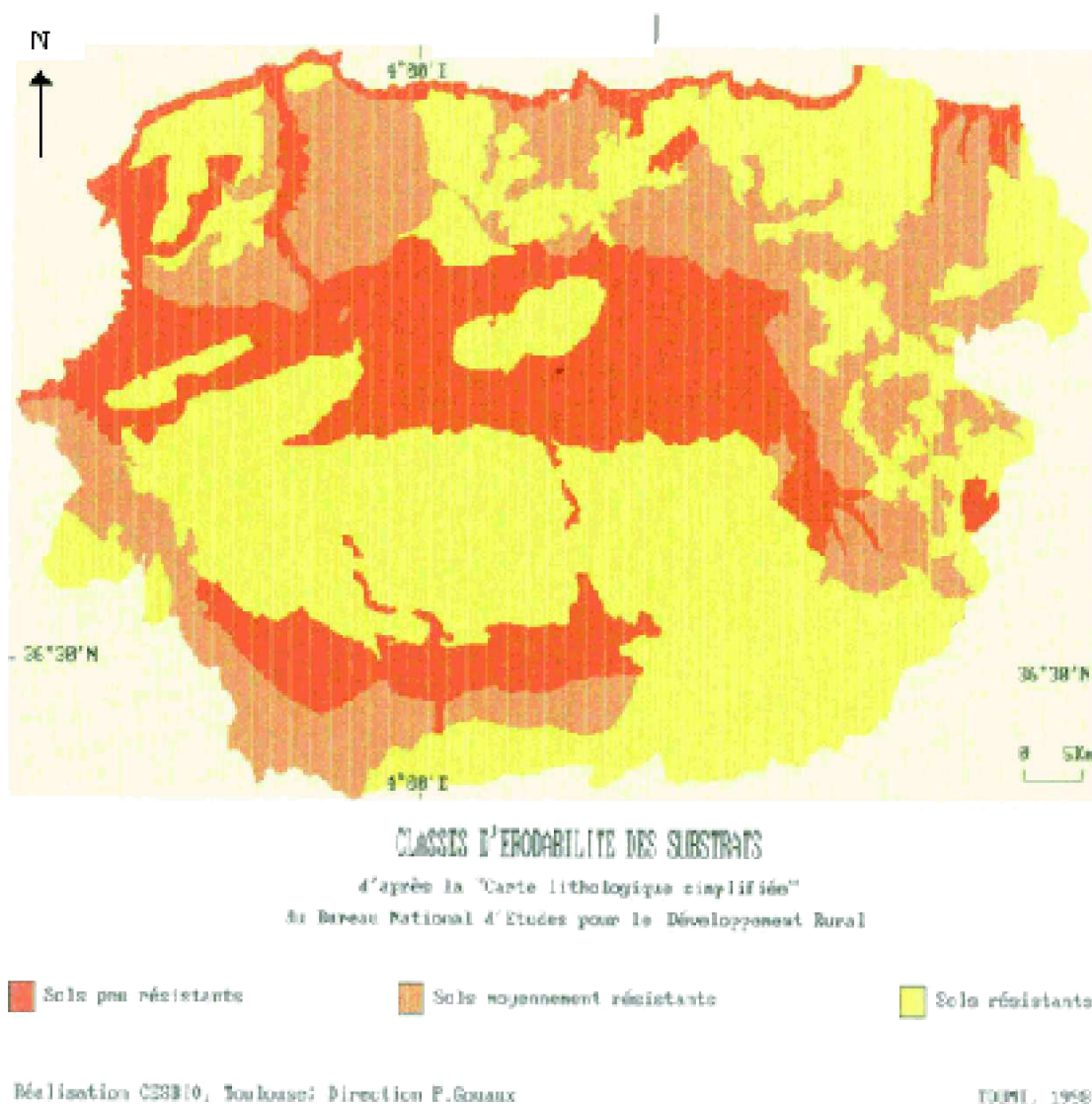


Figure 4 : Classes d'érodabilité des substrats (carte 4)

2-2-3-2 Cartes de synthèse

Chaque pixel ou unité de paysage (ou facette topographique) de la carte de synthèse est identifiée par rapport aux 3 paramètres considérés dans la combinaison. Il est représenté par une couleur particulière du référentiel des couleurs, système Rouge Vert Bleu; cette couleur est obtenue par synthèse des trois couleurs primaires de base du référentiel dédiées chacune d'entre elles à l'un des trois paramètres considérés : le rouge attribué à l'exposition le vert à la pente et le bleu à l'érodabilité du substrat. L'intensité dans chaque couleur dépendant du degré d'influence du facteur dans la détermination des potentialités en matière de viticulture du territoire.

Rouge □ exposition.

Le niveau d'intensité de la couleur rouge dédiée à chacune des expositions est choisi en fonction de l'importance que l'on accorde à ce critère pour la détermination des

potentialités viticoles ; la réflexion (Description et justification des facteurs retenus) a permis d'établir le classement par ordre décroissant suivant : Est, Ouest et plat, Sud, Nord ; chaque terme de ce classement est traduit par niveau d'intensité de la couleur rouge montrant son poids dans la constitution des potentialités depuis l'intensité maximale pour l'Est jusqu'à la plus faible intensité pour le Nord.

Vert □ pente.

Le niveau d'intensité de la couleur est inverse à l'importance de la pente. On trouve par exemple un vert très intense (intensité = luminosité) pour les pentes inférieures à 3 %.

Bleu □ érodabilité.

Le niveau d'intensité de la couleur est proportionnel à la résistance du substrat à l'érosion.

a- Base physique pour un aménagement viticole (Carte 5)

La première carte de synthèse présente l'aire de culture du vignoble dans un souci de préservation de l'environnement en particulier au niveau sauvegarde des sols contre l'érosion.

Le gris y indique les zones d'exclusion de l'aire viticole selon les critères cités (2-2-2).

Les autres points de la carte concernant l'aire viticole sont renseignés par rapport aux facteurs considérés dans la combinaison à savoir l'érodabilité du substrat et la pente fournissant ainsi une carte des bases physiques simplifiées de culture de la vigne.

Ici la couleur indique la nature d'érodabilité et la nuance dans la couleur représente la classe de pente. La couleur résultante apparaissant sur la carte 5 a donc une signification descriptive de la facette topographique. Globalement les couleurs délavées obtenues par synthèse des 3 couleurs primaires à forte intensité, indiquent des zones propices à la culture de la vigne.

Exemple :

- Rouge intense : exposition Est la plus favorable.
- Vert intense : pente faible.
- Bleu intense : érodabilité faible du substrat.

A l'opposé, les couleurs sombres (Intensités faibles des 3 couleurs primaires) indiquent des zones moins favorables à la culture de la vigne. De façon plus nuancée, la teinte dominante de la couleur résultante traduit l'importance du facteur représenté par cette teinte.

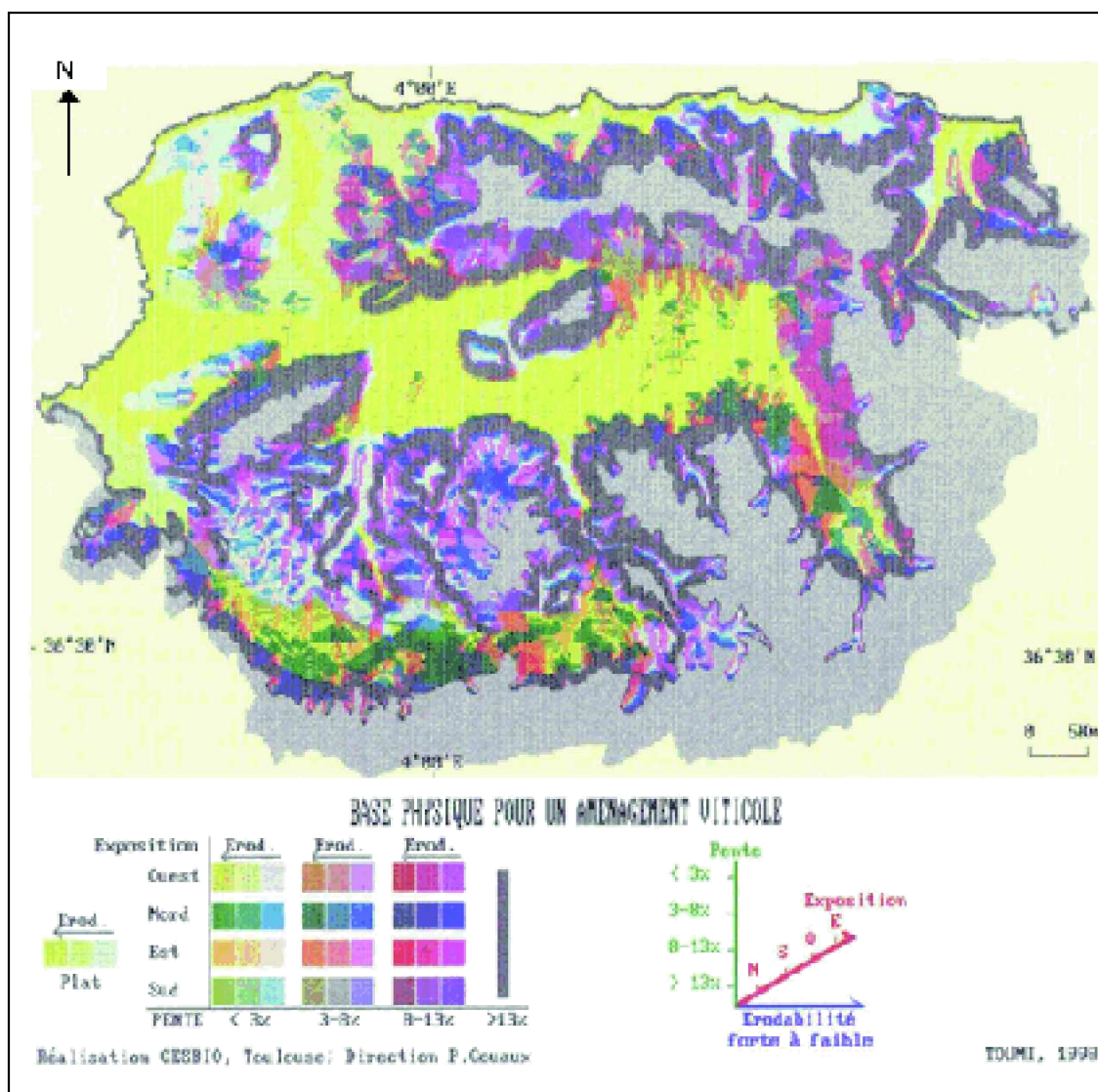


Figure 5 : Base physique pour un aménagement viticole (Carte 5)

b- La carte finale

Représente le zonage de potentialité viticole où la qualité du raisin est fonction de la quantité d'énergie reçue. Nous intégrons les secteurs d'orientation en leur accordant un poids une valeur. L'énergie reçue par un point de la terre est fonction de sa position géographique de la période dans l'année et des conditions stationnelles. Le zonage des sols à potentialité viticole de la Grande Kabylie a reposé essentiellement sur des critères bien précis à savoir l'altitude et les pentes, l'érosion, l'exposition.

c- Carte de potentialité viticole de la grande Kabylie (Carte 6)

Le zonage des sols à potentialité viticole concerne le croisement de plans entre la cartographie de zonation (Classes de pentes et le substrat) nuancée avec l'exposition.

La cartographie nuancée à l'exposition nous a permis d'obtenir 04 classes de zones viticoles représentées par les couleurs: orangé, jaune, vert, bleu.

- 1^{ère} classe : orangé qui représente une qualité supérieure
- 2^{ème} classe : jaune qui représente une qualité très bonne
- 3^{ème} classe : vert qui représente une bonne qualité
- 4^{ème} classe : bleu qui représente une qualité moyenne

Conclusion

Le zonage des sols à potentialité viticole de la grande Kabylie à l'aide de la numérisation de la topographie nuancée à l'exposition nous a permis d'obtenir une classification logique des zones où la vigne pourrait se développer. Nous avons obtenu quatre classes différentes représentant les zones viticoles. Une zone de piémonts (Orangé) qui représente les sols les mieux exposés permettant l'obtention d'un raisin de très grande qualité.

Une zone des plaines et coteaux des vallées de l'oued Isser et L'oued Sebaou (Jaune) permet l'obtention d'un raisin de très bonne qualité. Les autres zones (Vert et bleu) permettent l'obtention d'un raisin de bonne à moyenne qualité. Le chapitre suivant abordera les caractéristiques de la viticulture algérienne et en particulier le Dattier de Beyrouth implanté dans les zones étudiées.

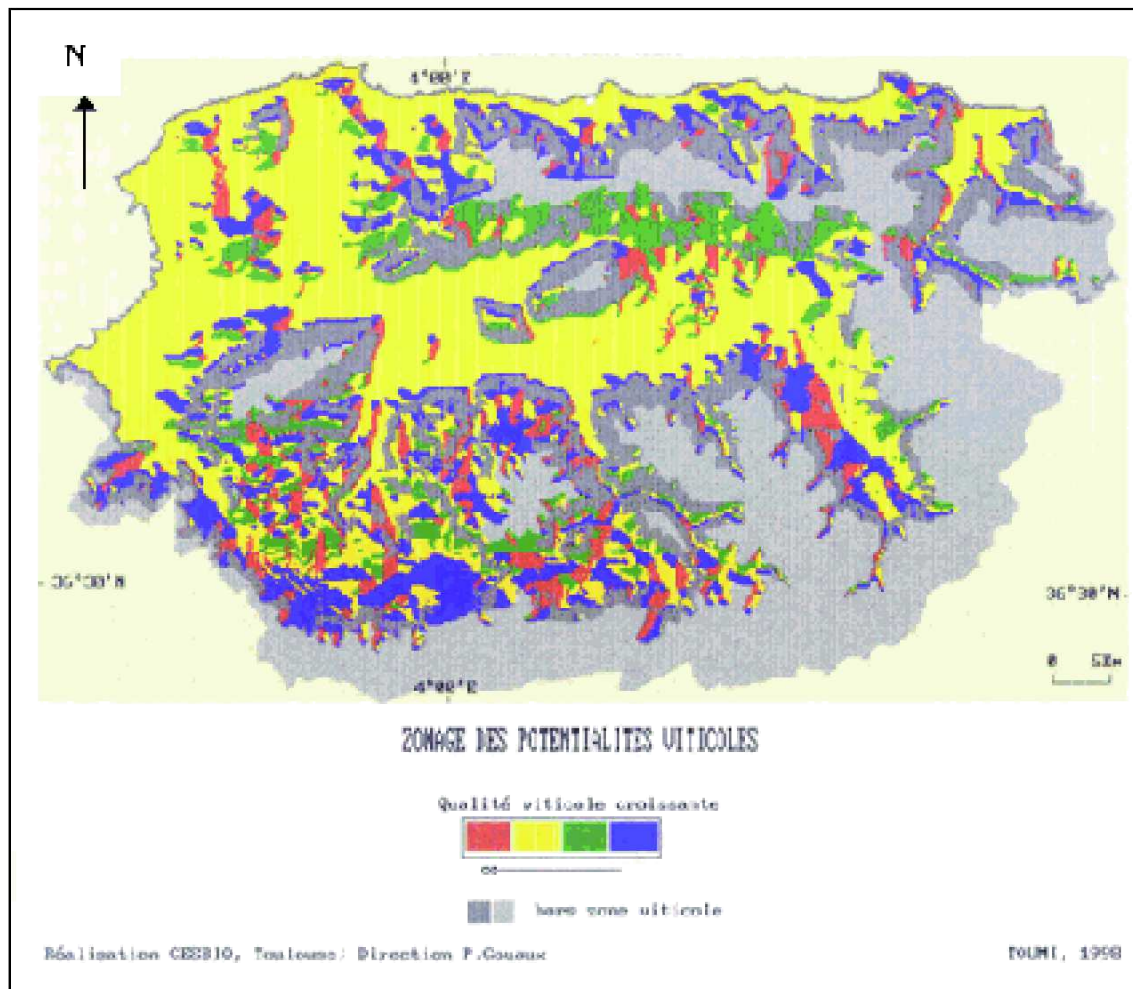


Figure 6 : Zonage des potentialités viticoles des zones étudiées (carte 6)

3- La viticulture de table

La viticulture de table est une technique qui se propose de mettre tout en oeuvre pour obtenir des grappes mûres et agréables à consommer à des époques bien précises de la saison viticole (Bertoni, 1982). Il n'existe pas à proprement parler, une viticulture de table qui serait absolument différente de la viticulture de cuve, mais une série de solutions valables pour chaque climat viticole et pour chaque cépage. La viticulture de table peut faire appel soit à des espacements, soit à des modes de conduite ou à des pratiques culturelles qui ne seraient pas recommandées pour la viticulture de cuve (Levadoux *et al.*, 1971).

3-1- Dans le monde

La production mondiale des raisins (Consommation directe, séchage) est estimée approximativement à 12 millions de tonnes. Environ 18 % (2,2 millions de tonnes.) sont acheminés vers les marchés extérieurs. Les exportations sont caractérisées par une forte concentration géographique. Les plus grands pays exportateurs sont l'Italie, le Chili et les USA. Ce dernier est en même temps le plus grand importateur suivi de l'Allemagne, de la France et du Royaume Uni, qui importent surtout des raisins secs (Aigrin, 2003). Le marché mondial des raisins de table a connu les dix dernières années une forte extension avec un taux de croissance annuelle de presque 5 %. Cette croissance était, certes soutenue par la demande des pays en Amérique du Nord et en Europe de l'Ouest. L'Union Européenne continue à être importatrice de raisins de table et de raisins secs. Mais d'autres pays (Europe de l'Est, Chine) sont de plus en plus demandeurs de raisins de table. Il importe de mentionner que l'UE applique une pratique de protection pour les raisins (Aigrin, 2003). Les rendements dans certains pays à forte croissance de production (Chili, Egypte, Iran) sont relativement élevés. En effet ces pays ont lancé dans les années 1980 des campagnes de promotion de la production des raisins de table en vue de leur exportation. Il en est de même pour l'Afrique du sud et pour deux pays de l'union européenne, à savoir l'Italie et la Grèce. Ces trois derniers pays ont mis l'accent sur la conversion des vignes à cuve en faveur de la production de raisins de table. Les importations de raisins de table sont soumises à une politique de prix minimum qui neutralise dans une certaine mesure les différences de prix entre l'offre de l'Union Européenne et les importations. De plus, l'Union accorde certaines aides au séchage et au stockage des raisins secs. Il y a des indices qui laissent supposer que pour les années à venir la demande des raisins de table continue à se développer ; ce qui est encourageant pour les pays exportateurs. Par ailleurs la production, elle aussi, a tendance à croître par la reconversion des vignes de cuve en vigne de table (Aigrin, 2003).

3-2- En Algérie

Compte tenu du climat, du terroir disponible et de l'expérience agricole acquise par la profession, la viticulture à sa place en Algérie. Dans beaucoup de zones et notamment au centre et à l'ouest du pays, la viticulture représente une utilisation optimale du sol. Mais les rendements réalisés sont relativement faibles, si bien que le coût de production par unité de volume est relativement élevé. Ceci est dû, probablement, à la pluviométrie irrégulière au cours de l'année, aux cépages utilisés, à la vieillesse des plantations, aux itinéraires techniques appliqués inadéquats (Basler, 2000). La viticulture joue un rôle important dans l'agriculture. Certaines zones sont privilégiées pour cette culture où elle constitue souvent la seule possibilité d'utiliser d'une manière efficace la surface agricole utile (Exemple de Médéa), de protéger l'environnement, de réaliser une valeur ajoutée importante (Le centre et l'ouest) et de créer des emplois dans des zones dépourvues d'autres activités économiques (MADR, 2003). Le vignoble national constitue la 4^{ème} culture pérenne sur le plan de la surface et représente le 2^{ème} poste à l'exportation pour

l'arboriculture fruitière (MADR, 2003).

Le développement de la vigne est basé sur, la capacité d'adaptation de la vigne qui permet de protéger et de valoriser les zones marginales et notamment les zones de relief à climat semi-aride et à sol pauvre. Les besoins élevés de la vigne en main d'œuvre permettent une occupation appréciable de la force de travail dans les régions de sous emploi.

L'existence de terroirs reconnus pour la qualité de la production vinicole qui dispose de marchés à l'exportation. La volonté d'augmenter sensiblement la consommation de la population en raisins frais et d'améliorer la ration alimentaire (MADR, 2003).

La production en raisins de table permet en moyenne une consommation annuelle de 5 kg/ habitant de raisins frais (ONS, 2003).

3-2-1- Les zones de production

La plus importante production est réalisée dans la région centre (75 %), et environ 25 % à l'Ouest du pays. Elle est très faible à l'Est du pays. Les vignobles en production sont relativement âgés. La conduite se fait généralement de manière extensive. Les rendements sont très faibles dans les régions Est et Ouest du pays. Il existe des problèmes de financement pour les crédits de campagne.

Les zones choisies pour notre étude représentent 27,55 % de la superficie totale des vignes de table plantées en Algérie, avec une superficie en rapport de 8 267 ha (Tableau 2).

La viticulture est une activité qui s'adapte bien aux terroirs disponibles et aux conditions climatiques de l'Algérie.

Wilaya	Superficie al (ha)	Superficie irriguée (ha)	Production q/ha (t)	Rendement q/ha (t/ha)
1 Adrar	0	0	0	0
2 Oran	685	525	12887	24,6
3 Tlemcen	125	98	3437	27,9
4 O. S. Boumerde	1	1	1	1,1
5 Babou	24	20	513	25,5
6 Bouze	58	48	1141	23,1
7 Tisseul	20	17	857	50,4
8 Bou Isma	25	20	877	43,8
9 Boudja	836	576	32207	55,8
10 Boussa	225	135	3747	27,8
11 Tlemcen	27	20	357	17,9
12 Tisseul	0	0	0	0
13 Tlemcen	5607	3125	114907	36,8
14 Tlemcen	528	351	7511	21,8
15 Tlemcen	1318	880	2941	22,4
16 Alger	1466	925	4421	30,2
17 Bouje	27	20	607	30,3
18 Bouje	20	10	4507	45,0
19 Bouje	5	0	0	0
20 Bouje	287	130	3707	29,8
21 Bouje	225	125	63207	50,5
22 Bouje	1525	720	2827	20,0
23 Bouje	20	10	857	28,9
24 Bouje	12	5	301	25,1
25 Bouje	1	1	1	1,1
26 Bouje	1998	1198	1706	14,3
27 Bouje	7197	2667	11267	42,3
28 Bouje	27	20	2407	24,0
29 Bouje	4000	2000	81207	20,3
30 Bouje	0	0	0	0
31 Bouje	927	485	13887	28,9
32 Bouje	0	0	0	0
33 Bouje	14	10	1707	24,4
34 Bouje	25	15	627	41,8
35 Bouje	2188	1188	58411	24,4
36 Bouje	751	551	4211	24,4
37 Bouje	21	10	411	20,0
38 Bouje	25	0	0	0
39 Bouje	20	10	31207	15,6
40 Bouje	22	20	727	33,1
41 Bouje	0	0	0	0
42 Bouje	2887	267	183167	21,7
43 Bouje	0	0	197	23,9
44 Bouje	826	241	727	27,7
45 Bouje	25	11	444	40,4
46 Bouje	198	128	527	41,2
47 Bouje	24	5	211	16,7
48 Bouje	855	225	20487	22,8
Total Algérie	1877	3125	188131	59,2

Tableau 2 : Superficies de la vigne de table en Algérie (Statistiques M.A.D.R., 2003)

Les rendements de Djelfa, Ghardaia, El Oued, sont respectivement de 200 q/ha, 198,5 q/ha, et 153,8 q/ha (superficies faibles et irriguées) sont élevés et ne peuvent représenter une référence par rapport à la moyenne nationale qui est faible (59,20 q/ha) (tableau 2).

Les rendements dépendent du cépage et de la destination des raisins. Un bon rendement de la production des raisins de table s'établit entre 200 et 250 q/ha (Basler, 2000).

3-2-2- Superficies et rendements

La superficie moyenne de vignoble, toutes espèces confondues, s'élève à 64 625 ha en moyenne (1988 à 2001), dont 52 % sont occupés par la vigne à vin, 47,2 % par la vigne de table et 0,8% par la vigne à raisin de séchage (tableau 3).

Au cours de cette période, la production moyenne annuelle enregistrée est de 1,9

million de quintaux avec un rendement moyen de 28,8 q/ha. La vigne de table représente près des trois quarts (74,2 %) de la production de raisins, et un rendement de 45,2 q/ha, suivie par la vigne de cuve vin avec 25,4% et 14,1 q/ha.

En ce qui concerne la vigne à raisin de séchage elle ne représente que 0,4% seulement avec un rendement moyen de 15,3 q/ha (tableau 3).

L'évolution de la production des vignes a connu des fluctuations en enregistrant une forte production de l'ordre de 1,7 million de quintaux pour la vigne de table durant la campagne 1991/92. Pour ce qui est de la vigne à vin, la plus forte production a été enregistrée en 1988/89 (tableau 3).

Pour la campagne 2000/2001, la production totale a connu une baisse de 6,2 % par rapport à 1999/2000. Par espèce, la vigne de table a diminué de 0,5 %, la vigne à raisin de séchage de 21,7 % et la vigne à cuve de 16,2 %. La production du vin a connu une baisse de 26,5 %.

La tendance des superficies en rapport (toutes spéculations confondues) est à la baisse du fait de l'arrachage de vieux vignobles (Bedrani, 2005).

Par espèce, l'évolution de ces superficies a enregistré une tendance à la baisse aussi bien pour les vignes à vins que pour les vignes à raisin de séchage, contrairement aux vignes de table qui sont marquées par un état fluctuant d'une campagne à l'autre.

Il est certain qu'avec les rendements réalisés, l'Algérie pourra difficilement atteindre la compétitivité nécessaire pour introduire les raisins de table algériens sur les marchés extérieurs (Basler, 2000).

Espèce	Répartition des superficies en rapport par espèce en ha													
	1988/89	1989/90	1990/91	1991/92	1992/93	1993/94	1994/95	1995/96	1996/97	1997/98	1998/99	1999/00	2000/01	Evolution
Vigne de table	50 530	57 139	50 767	73 710	57 057	73 710	70 160	75 370	57 737	50 087	60 160	67 740	57 157	27 475
Vigne de cuve	45 420	55 037	48 387	40 820	57 757	56 070	71 160	74 370	55 717	47 517	60 160	57 740	57 157	22 475
Vigne de séchage	1 080	1 100	710	820	710	820	710	710	710	710	710	710	710	498
TOTAL	97 030	113 276	99 864	115 350	115 524	129 640	147 240	150 410	114 164	100 314	121 030	126 190	115 024	50 448
Rendement moyen en q/ha														
Vigne de table (t)	1 251,90	1 211,10	1 462,08	1 983,04	1 521,20	1 591,90	1 858,78	1 991,62	1 497,10	1 382,98	1 545,96	1 591,40	1 521,10	1 293,35
Vigne de cuve (t)	1 211,00	1 181,20	1 211,00	1 000,00	1 000,00	1 181,20	1 181,20	1 181,20	1 181,20	1 181,20	1 181,20	1 181,20	1 181,20	1 181,20
Vigne de séchage (t)	1 181,20	1 181,20	1 181,20	1 181,20	1 181,20	1 181,20	1 181,20	1 181,20	1 181,20	1 181,20	1 181,20	1 181,20	1 181,20	1 181,20
TOTAL (t/ha)	1 181,20	1 181,20	1 181,20	1 181,20	1 181,20	1 181,20	1 181,20	1 181,20	1 181,20	1 181,20	1 181,20	1 181,20	1 181,20	1 181,20
Rendement moyen en q/ha (par espèce)														
Vigne de table	45,2	48,2	48,2	53,3	45,2	45,2	45,2	45,2	45,2	45,2	45,2	45,2	45,2	45,2
Vigne de cuve	25,4	25,4	25,4	25,4	25,4	25,4	25,4	25,4	25,4	25,4	25,4	25,4	25,4	25,4
Vigne de séchage	15,3	15,3	15,3	15,3	15,3	15,3	15,3	15,3	15,3	15,3	15,3	15,3	15,3	15,3
TOTAL	28,8	28,8	28,8	28,8	28,8	28,8	28,8	28,8	28,8	28,8	28,8	28,8	28,8	28,8

Tableau 3 : Répartition des superficies en rapport avec les productions et les rendements par espèce (MADR, 2003).

3-2-3- La politique de développement viticole en Algérie

3-2-3-1- Le FNRDA

Le niveau des subventions accordées par le FNRDA représente plus de 50 % de l'investissement nécessaire pour réaliser les plantations. Il a favorisé l'extension du vignoble existant et a permis les réalisations suivantes entre 2000 et 2002 : 14 421 ha de vigne de cuve 9 117 ha de vigne de table, et 271 ha de champs de pieds mères (MADR,

2003).

Cette politique d'appui a permis de dynamiser l'ensemble de la filière viticole et a également permis de montrer les limites de l'organisation actuelle de la filière et les faiblesses de la politique sectorielle.

D'une manière générale, il a été constaté le manque de plants et leur provenance douteuse, ce qui réduit considérablement l'impact du programme. La production de plants a été longtemps marginalisée suite à l'absence de programme de plantation conséquent. Il s'en est suivi un désinvestissement massif au niveau du potentiel de production et au niveau de la qualification technique (Basler, 2000).

Cette régression s'est déroulée au moment où la viticulture dans le monde a connu un développement important qui a révolutionné les techniques de production et de gestion. Le secteur est actuellement caractérisé par des techniques et des méthodes de production dépassées (sous qualification du personnel et désorganisation de la profession). Il a également perdu les champs de pieds mères (CPM) et la connaissance des encépagements qui sont à la base de la production de plants notamment dans le cas de la vigne de cuve. Il faut noter qu'un effort de mise à niveau a été engagé pour quelques unités de production grâce à l'appui du FNRDA. La responsabilité des institutions chargées d'encadrer l'opération est énorme, mais elle n'a pas donné lieu à une dotation en moyens supplémentaires qui pouvaient être prévus par le FNRDA. Les fonctions de contrôle et de suivi des plantations ne peuvent être efficaces en l'absence de moyens nécessaires (MADR, 2003).

Le FNRDA soutient l'investissement agricole et a permis au cours de ces deux premières années d'application des réalisations importantes en plantations viticoles. Il reste que l'entretien des plantations avant l'entrée en production représente une charge importante qui ne peut être supportée par tous les bénéficiaires de projet. Il faut noter les restrictions des crédits de campagne et les difficultés de financement que connaissent les exploitations. L'entretien et la valorisation des investissements réalisés nécessitent la mise en place d'un système de financement adapté à la situation des producteurs. Les connaissances sont acquises sur le tas, donc par le travail. Une formation systématique et générale fait défaut. Cette situation a prévalu aussi dans les nouvelles plantations, mais ces connaissances ne jouent pas vraiment le rôle de moteur dans la modernisation du secteur (Basler, 2000).

3-2-3-2- Le PNDA

La politique de développement viticole n'a eu réellement un effet qu'avec le lancement du programme national de développement de l'agriculture (PNDA) en 2000. L'objectif visé est d'étendre le vignoble existant pour reconvertir la céréaliculture sur les zones marginales et d'adapter le système de cultures aux conditions du milieu. Cette politique est concrétisée par le soutien accordé aux plantations viticoles à l'extension et à la réhabilitation des CPM. (champs de pieds mères).

La prise en charge du PNDA par les structures techniques au niveau de l'agrément et du contrôle de l'opération a donné lieu à une charge de travail considérable compte tenu de l'importance du programme. Il soutient d'une manière égale les plantations de vigne de

table et de cuve sans distinction de la sous filière ni du cépage concerné. Il faut aller à une modulation de ce type de soutien en fonction des plantations à réaliser (cépages précoces saison, tardifs).

3-2-4- Perspectives de développement de la filière

Compte tenu du niveau de consommation relativement modéré des raisins de table en Algérie (les raisins de saison dominant largement), le marché local offre sans doute un potentiel important à l'exportation. La plantation des variétés précoces et tardives, permet de prolonger la période de récolte et de l'offre sur le marché. Cette réorientation des vignobles offrirait également des perspectives d'exportation intéressantes vers les pays du Nord qui sont de grands importateurs. Les fruits des cépages précoces viennent à maturité à une période qui n'est pas encore couverte par la production européenne. La production des cépages tardifs intervient à la fin de l'année dans un contexte de consommation accrue en Europe pendant la période de fête. Rappelons que les cépages tardifs en Algérie sont les cépages locaux en grande majorité qui existent dans les zones de montagne. Mais leur amélioration est nécessaire. L'avantage offert est que ces cépages s'adaptent parfaitement en zone de montagne et permettent de valoriser les zones à faible potentiel. Par contre, les perspectives d'écoulement de cette production dans les pays voisins sont plutôt modestes sinon inexistantes, car il y a une forte production au niveau du Bassin Méditerranéen pendant toute la période de production possible en Algérie (Basler, 2000).

D'une manière générale, l'extension des vignobles et l'augmentation de la production de raisins de table exigent deux adaptations importantes. Ce type de production devra être pratiqué en intensif en vue d'améliorer les rendements et bénéficier d'un soutien conséquent.

L'installation de ces cépages nécessite d'abord un effort particulier dans la recherche pour la connaissance et l'amélioration du patrimoine local. Il s'agit d'un programme à long terme qui nécessite un appui et un suivi pour sa concrétisation. Pour la vigne à raisins de séchage, le développement de la filière est complexe. Il nécessite le choix des zones d'implantation adéquate.

3-2-5- Organisation et valorisation de la filière

Il est nécessaire d'organiser la valorisation des produits suivant des formes simples qui intègre la participation des populations locales. Cela permettra d'abaisser les coûts de transformation et de créer les postes d'emploi.

Néanmoins, la production de raisins en vue du séchage et d'exportation pourrait toujours constituer un créneau intéressant. Il faut également relever que l'époque de production est réduite à 3 mois, compte tenu des cépages utilisés. Il faut élargir la période de production, pour disposer du produit sur le marché plus longtemps.

Les producteurs vendent leur récolte souvent sur pied, parce qu'ils ne peuvent pas prendre en charge les frais de récolte et de commercialisation. Ils ne sont pas sensibilisés pour le gain qu'ils pourraient réalisés en s'organisant pour la commercialisation de leur

production.

Enfin le marché des raisins, comme l'ensemble du marché des fruits et légumes, se caractérise par l'absence des réglementations qui pourraient et devraient converger vers une amélioration de la qualité et de la présentation du produit. Les réseaux de distribution sont peu transparents.

Le problème de l'organisation du marché est général, pour le cas des raisins, la faible production et la période réduite de mise sur le marché, font qu'il s'agit d'un produit secondaire pour le consommateur, et les tensions sont rares. Il est nécessaire d'organiser la production à partir de l'exploitation même. Plusieurs formes d'organisation peuvent être mises en place en utilisant les moyens collectifs ou en spécifiant mieux les conditions de la vente sur pied qui doit être fait sous contrat.

Il est difficile dans les conditions actuelles de mettre en oeuvre la réorganisation du marché, qui est dans tous les cas lié à l'augmentation de la production et à l'implication des producteurs. Actuellement le ministère de commerce est en train de réviser la législation et le code du commerce, dans le sens d'une plus grande transparence dans la profession. Il sollicite et encourage pour cela les professionnels de s'organiser pour une meilleure prise en charge du marché.

Sur le marché d'exportation, l'Algérie n'exporte pas de raisins de table. Toutefois, le pays aurait un avantage sur le marché d'exportation des raisins de table par rapport à certains concurrents par la périodicité de la récolte. Les récoltes peuvent se faire deux ou trois semaines avant l'Italie et l'Espagne. Les marchés en Europe demandent les raisins pendant cette période. Saisissant cette opportunité pour des nouvelles plantations, il faudrait choisir des cépages appropriés et cibler des régions précises pour cet objectif.

Concernant les raisins secs, un potentiel existe également. Mais la production de Sultanine se heurte aussi à la disponibilité de cépages appropriés et au choix des zones appropriées. De plus, le séchage et l'emballage nécessitent des investissements importants.

Actuellement l'exportation des raisins en Algérie, ne constitue pas une option réalisable, il faudrait un plan de développement à long terme.

3-3- Botanique de la vigne

Les vitacées sont des phanérogames et appartiennent aux angiospermes de la classe des dicotylédones. La famille des *Vitacées* est représentée par environ 1100 espèces. La répartition géographique des *Vitacées* est surtout inter-tropicale, 80 % des espèces de cette famille se trouvant dans cette zone. Le continent Africain avec Madagascar (43 % des espèces) et Asiatique avec l'Indonésie (40 % des espèces) sont plus riches que l'Amérique (15 % des espèces) ou l'Océanie (2 % des espèces) (Galet, 1993).

Les *Vitacées* sont absentes des régions arctiques ou antarctiques et, en Europe, on ne rencontre en définitive à l'état spontané qu'une seule espèce *Vitis vinifera* L (Ribereau-Gayon et Peynaud, 1980).

A l'intérieur du genre *Vitis*, on distingue deux sous genres *Vitis* et *Muscadinia*, avec

comme différences : $n = 19$ pour *Vitis* et $n = 20$ pour *Muscadinia*; l'assise subéro-phéllodermique (ASPD) est intra-libérienne chez *Vitis* et sous épidermique chez *Muscadinia*; la moelle est abondante et discontinue au niveau des diaphragmes chez *Vitis* tandis qu'elle est ininterrompue chez *Muscadinia*; le xylème présente des gros vaisseaux chez *Vitis* alors qu'il est dur et avec des vaisseaux plus petits chez *Muscadinia*; l'écorce s'exfolie chez *Vitis* alors qu'il existe des lenticelles chez *Muscadinia*; les vrilles sont divisées chez *Vitis* alors qu'elles sont simples chez *Muscadinia*; les pépins sont piriformes et lisses chez *Vitis* alors que les graines sont plus rondes et striées autour de la chalaze chez *Muscadinia*. Et comme proximités : des représentants cultivés dans les deux cas; des fleurs identiques; des hybridations difficiles, *Vitis* (mère obligatoire) X *Muscadinia* (père obligatoire), mais réalisables (Galet 1991).

Le sous genre *Vitis* est composé d'environ quatre-vingts espèces plus ou moins bien définies et qui se répartissent sur le continent Nord Américain (55%), en Europe (1%), et en Asie (44%). Elles se rencontrent essentiellement dans l'hémisphère boréal (Galet, 1993).

Par rapport aux *Vitacées* dans leur ensemble, ce sont les représentants du sous genre *Vitis* qui remontent le plus vers le Nord et qui présentent ainsi la meilleure adaptation vis à vis du froid. Le sous genre *Muscadinia*, intermédiaire entre le sous genre *Vitis* et *Ampelopsis* (au niveau anatomique) ou entre le sous genre *Vitis* et *Ampelocissus* (selon les baies et les graines) n'est composé que de trois espèces inféodées au Sud Est des Etats Unis et au Nord du Mexique (Huglin, 1986).

3-3-1- Morphologie

Les caractères généraux permettant de définir le genre *Vitis* sont les suivants : il est constitué d'arbrisseaux à souches pérennes, jamais tubéreuses; les sarments ont des vrilles sans ventouses; les inflorescences, en grappes, sont oppositifoliées; les fleurs sont pentamères (avec variation possible de 4 à 7) avec cinq sépales soudés (calice) et une corolle à cinq pétales eux aussi soudés sur toute leur longueur; la déhiscence est calyptre, c'est à dire que les pétales se détachent de leur base en formant une coiffe (calyptre, capuchon) car ils sont plus fortement reliés entre eux qu'ils ne le sont au réceptacle; les étamines sont libres et l'ovaire est supère (Huglin, 1986).

3-3-2- Le cépage

Chez la vigne la notion d'espèce est particulière (Ribereau-Gayon et Peynaud, 1980). On considère qu'une espèce est constituée par un groupe d'individus relativement homogènes au niveau morphologique et ayant le même type d'habitat naturel (groupe écologique : *ecospecies*) en relation avec des aptitudes voisines ou comparables. Les espèces résultent de la fragmentation des populations, aboutissant à des évolutions indépendantes. Elles sont inter fertiles et les hybrides sont viables et fertiles. L'espèce *Vitis vinifera* présente un polymorphisme remarquable en relation avec son caractère fortement hétérozygote. On estime à plusieurs milliers, 6 à 7000 probablement, le nombre de cépages existants. Ce nombre n'est d'ailleurs pas fini ni déterminé puisqu'il peut sans cesse évoluer, certains cépages pouvant disparaître, d'autres étant créés (Galet, 1993).

De cette diversité importante, source d'évolution et d'adaptation, résulte une variation inter - cépage relativement faible puisqu'on évolue au sein d'une même espèce. Cette variation est cependant essentielle en viticulture car le cépage a une influence prépondérante sur les caractéristiques de la production. Le cépage, unité taxonomique propre à *Vitis vinifera* est le produit d'un semis ou d'un individu unique au départ, multiplié par voie végétative. Au cours des cycles de multiplication, des variations peuvent se produire et être fixées. Un cépage est donc composé d'un ensemble de clones suffisamment semblables entre eux pour être confondus sous un même nom, et dont le nombre est variable (un ou plusieurs) et/ou indéterminé. Lorsque la variation touche un caractère évident et remarquable (apparition d'une forte densité des poils couchés) ou ayant des conséquences technologiques importantes (couleur de l'épiderme de la baie, couleur de la pulpe, particularité de la saveur), le clone concerné est alors considéré comme une nouvelle variété (forme) différenciée du cépage initial (Galet, 1993).

3-4- Les cépages de table cultivés en Algérie

Ils ont été décrits par Levadoux *et al.* (1971).

3-4-1- Les raisins de primeur

Les raisins de primeur sont ceux qui arrivent à maturité avant les raisins de cuve dont ils n'ont par conséquent à redouter la concurrence. En Algérie on peut appeler raisins de primeur ceux qui arrivent sur le marché avant les premiers Chasselas récoltés en France.

On distingue parmi eux les raisins précoces et les raisins de première époque.

3-4-1-1- Les cépages précoces :

Ils arrivent à maturité nettement avant le chasselas récoltés en France. Ils ouvrent la campagne chasselatière. En Algérie, on rencontre plusieurs cépages, il s'agit de :

- La **Madeleine du Sahel**, la seule qui est cultivée de façon industrielle, sans doute identique à la Madeleine Angevine Oberlin. Il arrive à maturité 8 à 10 jours avant le chasselas (vers le 20 juin à Ain Benian). Ses grappes sont petites, millerandées à grains verdâtres.
- La **Perle de Csaba**, raisin d'amateur, cépage peu vigoureux, peu productif à grappes petites, souvent millerandées, peu attrayantes, à baies vertes bronzées d'un goût agréable. Elle mûrit environ 20 jours avant le Chasselas et se trouve être de ce fait un des cépages les plus précoces.
- Le **Khalili** : C'est un cépage originaire de Perse et du Turkestan. Ses baies sont petites, fades, de maturation irrégulière.
- La **Madeleine Angevine**, elle mûrit 15 jours avant le chasselas, ses grappes sont belles, à fleurs femelles, peu utilisée.
- La **Madeleine Royale** : cépage de peu d'intérêt.
- Le **Primus** : Il arrive à maturité 15 jours avant le chasselas. Cépage productif, taillé

court, grappe verdâtre, se transportant mal.

3-4-1-2- Les cépages de première époque

Le plus important d'entre eux :

- **Le Chasselas** : Il appartient à la Proles orientalis, son centre de dispersion se situe dans l'aire de l'ancien royaume Burgonde où il a joué et joue encore de nos jours le rôle de cépage de cuve (Fendant de Suisse). Chasselas est le nom d'un petit village du Maconnais introduit à Fontaibleau comme cépage de table au début du XVI^e siècle, il gagna la vallée de la Loire, la vallée moyenne de la Garonne (Montauban, Moissac), le midi méditerranéen français et l'Algérie (Arzew, Ain-Bénian, El Qala). Il mûrit à partir du 1^{er} ou 15 Juillet à Ain Benian selon les années.
- **Le Cardinal** : Croisement entre l'Ahmer bou amer (flame tokay) avec l'Alphonse Lavallée (Ribier). Dans des situations fertiles il peut mûrir avant le chasselas. Ses grappes sont assez grandes portent des baies d'un beau rose, charnues et supportant très bien le transport.
- **La Reine des vignes** : Croisement souvenir de la reine Elisabeth x Perle de Csaba. Elle arrive à maturité quelques jours avant le chasselas, grappes moyennes souvent millerandées ou trop compactes.
- **Le Chaouch** :
 - C'est un cépage à fleurs femelles, son raisin est très beau, d'un goût très fin et très agréable, mais difficilement transportable.
- **Le Sicilien** : Raisin à beau grains, ovoïdes, grappes lâches et de taille plutôt modeste.
- **Le Jaoumet** : qui serait Madeleine Céline.

3-4-2-Les raisins de table de saison

Leur époque de maturité à la première époque tardive, 2^e époque hâtive et 3^e époque moyenne. On rencontre :

Le Muscat de Hambourg : goût musqué, sa grappe ressemble à celle du Cinsaut, les grains plus gros.

Le Cinsaut ou Oeillade : Cépage à deux fins.

L'Alphonse Lavallée ou Gros Noir : possède de gros grains bosselés, très pruinés mais fades, on le confond ordinairement avec le gros noir de Beni Abbés.

L'Italia : possède de très belles grappes, à gros grains ovoïdes légèrement musqués. Il arrive à maturité en même temps que le Muscat d'Alexandrie.

Le **Muscat d'Alexandrie** : C'est un vieux cépage originaire de la Méditerranée orientale : Crète, Chypre d'où il a gagné, vers le sud est, l'Arabie, Ceylan et Java et vers l'ouest, Pantellaria, la Sicile, Raf-Raf, Cherchell, Salé, Malaga et Setubal.

Le Muscat d'Alexandrie est un très beau cépage de table à grappe moyenne, grains ovoïdes, saveur musquée spéciale plaît beaucoup aux peuples méditerranéens. Le muscat d'Alexandrie n'acquiert toute sa valeur qu'au voisinage immédiat de la mer : Setubal au Portugal, Malaga en Espagne, Salé au Maroc, Cherchell en Algérie, Raf-Raf et Kelibia en Tunisie, l'île de Pantellaria en Italie.

L' **Adari** : Est un cépage de table particulier à la région de Mostaganem-Cassaigne où il mûrit dès la première quinzaine du mois août.

Il se conserve bien sur la souche jusqu'au début novembre à condition d'être protégé des dégâts des oiseaux. Très recherché sur les marchés locaux, il est préféré à juste raison au Valensi. Il est assez voisin de l'Amokrane de Kabylie et du Korchi de Médéa. Localement l'Adari est également utilisé pour l'obtention de raisins secs.

3-4-3- Les raisins tardifs

Sont ceux qui arrivent à maturité après la date des vendanges, après le Carignan en Algérie. Ils appartiennent à la fin de la 3^{ème} époque ou la 4^{ème} époque.

La culture des raisins tardifs était très ancienne en Algérie et qu'elle semble convenir particulièrement aux régions montagneuses du Pays. On rencontre :

L'Ahmer Bou Ameer : est cultivé dans toute la Kabylie de façon traditionnelle ainsi que dans la plupart des régions montagneuses Tlemcen, Mascara, et jusqu'en Tunisie (Souk el Arba) et sur le plateau de Barqua (Lybie). C'est à Médéa et au voisinage de Djidjelli que se rencontrent les cultures les plus étendues. En dehors du Maghreb on le retrouve en Andalousie, en Californie et en haute Galilée. Il est caractérisé par ses grappes grandes aux baies aplaties à leurs extrémités, verdâtres, veinés de rose, parfois entièrement roses ou même violettes. La chair du grain est ferme, à faible teneur en sucre et de saveur assez agréable. Sa maturation s'étend du 15 septembre au 15 novembre. Il n'est pas recommandé en plaines ou il pourrit facilement. On le conduira en tonnelle chaque fois que cela sera possible.

Le **Valensi** : on l'appelle aussi Mokrani (Médéa), panse de Provence, ténéron (France), Festeqi (Tunisie). On le rencontre sur les marchés algériens du 15 septembre à fin décembre. Il est surtout cultivé en montagne et dans certaines régions sèches : Tlemcen Médéa, Mascara, Ighil Izane, Maghnia.

C'est un cépage très apprécié des cultivateurs, il est rustique et régulièrement productif aussi des expéditeurs locaux, car il se transporte bien. Les grappes sont assez belles, à bonne exposition les grains sont d'un jaune ambré très pâle, un peu gris (Oïdium). En terre trop fertile ils restent verdâtres.

Le **Guerbaz** : Il se conserve mieux que le Mokrani sur souche, on le rencontre à Médéa.

3-4-4- Les raisins secs

Denrée facile à conserver, à entreposer et à transporter, le raisin sec a joué un rôle important dans les anciennes civilisations nomades du proche orient et sur les bords de la

Méditerranée. Ils sont appelés à se développer surtout dans la région de Mascara où on rencontre la Sultanine.

4- Le Dattier de Beyrouth

4-1- Origine et caractéristiques

Comme son nom l'indique, est originaire de la région de Beyrouth, il a été isolé d'une population assez hétérogène celle de Razaki, et a été multiplié dans un premier temps dans la région de Cavaillon (Vaucluse).

La particularité de ce cépage blanc est sa dispersion sur une aire géographique très étendue (Maghreb, Europe, Amérique du Nord, Chili, Afrique du Sud, Liban, Egypte, Iran) (Galet, 1988).

Cette extension, ancienne en Algérie, a pu être motivée par certaines caractéristiques de ce cépage, moyen dans ces exigences et sa vigueur, très plastique, fortes potentialités de production (Levadoux *et al.*, 1971).

C'est le cépage retenu pour notre étude. Synonymes : Razaki (Grèce, Orient), Afouz Ali, Bolgar (Bulgarie), Regina (Italie), Dattier.

C'est un cépage de saison, il possède de très belles grappes à baies allongées en forme de dattes, ce qui lui a valu le nom qu'il porte en français, grappes assez grandes, 20-25cm, coniques, assez lâches; baies ellipsoïdes, très grosses 25 X 15mm, jusqu'à 32 X 22mm, blanc doré, peau épaisse, pulpe charnue (Galet, 1988). Photo 1.

Actuellement, c'est l'un des cépages les plus cultivés. Grâce au Dattier de Beyrouth l'Italie et la Bulgarie ont conquis le marché européen des raisins de table (Bacarella et Fardella, 1992). En Algérie, il occupe une place importante dans les vallées des Issers et de l'oued Sebaou ainsi que dans le Sahel algérois, dans la Mitidja et aux environs d'Annaba et de Skikda.



Photo 1 : Le Dattier de Beyrouth

La production des régions littorales s'étend de fin juillet au début septembre et du 15 octobre au 15 novembre dans les régions montagneuses où il est plus rare. Les rendements sont de l'ordre de 20 à 140 q/ha ; il est certain qu'ils pourraient être accrus si on apprenait à bien le conduire (Toumi, 1988).

Ce raisin qui possède de grandes qualités commerciales, est très apprécié du public urbain et semble pouvoir trouver des débouchés encore plus grands sur les marchés de l'Europe Centrale. Sondébourrement est assez tardif. Plant vigoureux, doit être conduit en taille longue. Sensible au mildiou, à l'oïdium, à la pourriture grise, aux gelées d'hiver.

Les clones agréés sont au nombre de trois 3 au total, les **304**, **306** et **966**. (le clone le plus planté dans les zones étudiées est le 304, photo 1).

4-2- Forme de conduite et système de taille

Dans les zones étudiées, le Dattier de Beyrouth est conduit en cordon de Royat (Photo 2, figure 7) avec une taille courte (2 yeux) ou mixte, en adoptant le principe de la taille Guyot dans le cas des pergolas (photo 3).

La charge en bourgeons (laissée après la taille), est en général de douze yeux dans les zones étudiées, sauf pour les parcelles en pergola (conduite haute). Cette charge est faible, et ne permet pas d'obtenir des rendements élevés.

Plusieurs études ont été effectués sur la charge du Dattier de Beyrouth en Algérie (Belkadi, 1986 ; Bensaber, 1989).

Khellil, (1972) a étudié la fertilité des yeux latents du Dattier de Beyrouth et de l'Ahmeur bou ameur. La charge de 28 bourgeons, laissés après la taille en sec, permet d'obtenir un rendement moyen de 5 kg/cep (Bensaber, 1989).



Photo 2 : Le Dattier de Beyrouth en coteaux, été 2004 (cordons de Royat).



Photo 3 : Le Dattier de Beyrouth en coteaux, été 2004 (pergola).

Benabderrabou (1972) a montré que la charge est en relation étroite avec les potentialités nutritives du cep.

Un suivi sur les systèmes de taille, a été réalisé dans la région de Bordj-Ménaiel (parcelle située en coteaux), en faisant varier différentes charges durant la campagne 1992. Les variantes retenues sont au nombre de trois (variante 1 : 20 bourgeons ; variante 2 : 30 bourgeons ; variante 3 : 40 bourgeons). Le taux de sucre est en relation avec la charge. Le plus faible taux de sucre est obtenu avec la plus importante charge (Vidaud *et al.*, 1993).

La variante 1 avec une charge de 20 bourgeons et un rendement de 2,73 kg/souche présente un taux de sucre de 190,70 g/litre de jus. La variante 2 présente un taux de sucre de 184 g/litre de jus et 3,66 kg/souche. La variante 3 avec 3,71 kg/souche présente un taux de sucre de 175,10 g/litre de jus. Le rendement est de 87,36 q/ha pour la variante 1. La variante 2 a présenté un rendement de 117,12 q/ha et de 125,12 q/ha pour la variante 3.

Ces rendements, sont faibles par rapport aux rendements de certains pays producteurs de raisins de table (Egypte : 180 q/ha, USA : 162,2 q/ha, Allemagne : 150 q/ha).

Il ressort de cet essai, que la forme de conduite courte en cordons est déconseillée pour le Dattier de Beyrouth (figure 7). En effet, le rang d'insertion du bourgeon donnant la meilleure grappe est situé au 7^{ème} rang (Khellil, 1972).

Le système de taille Guyot double (figure 8) est conseillé pour le Dattier de Beyrouth en coteaux. Le Guyot double sur deux étages (Kniffin) dans les plaines permettant une charge très importante (figure 9). Cette taille permet de laisser des baguettes longues (8 à 9 yeux) et des coursonnes à deux yeux pour le remplacement de la charge fructifère l'année suivante. La charge préconisée est de 20 yeux pour les coteaux et de 40 yeux

pour les plaines.

La forme de conduite en lyre permet de maximaliser les rendements (250 q/ha), mais nécessite une irrigation et un investissement lourd (Carbonneau, 2003)

La fertilisation raisonnée avec une charge importante du Dattier de Beyrouth, permet d'optimiser les rendements en quantité et qualité dans les zones étudiées.



Figure 7 : Le cordon de Royat (Galet, 1993).

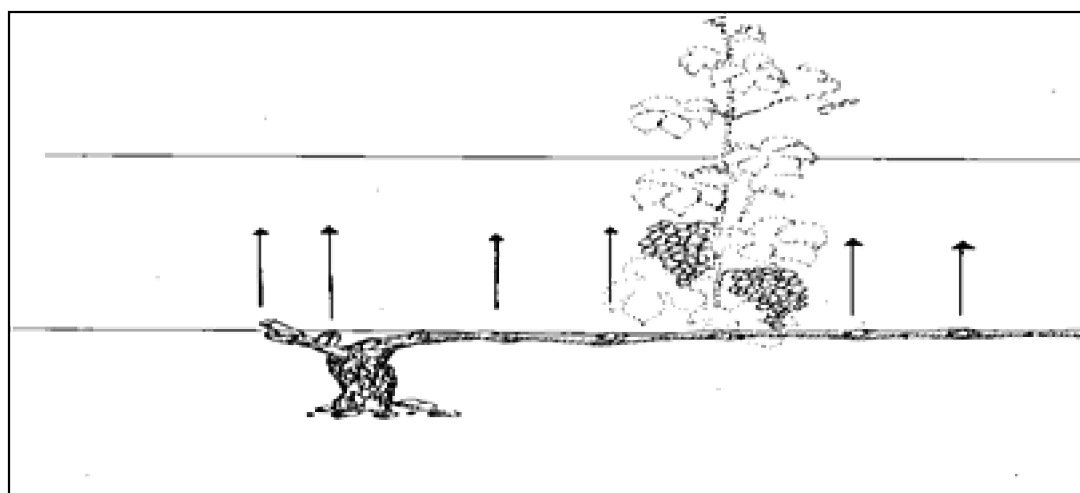


Figure 8 : Le Guyot simple (Carbonneau, 2003)

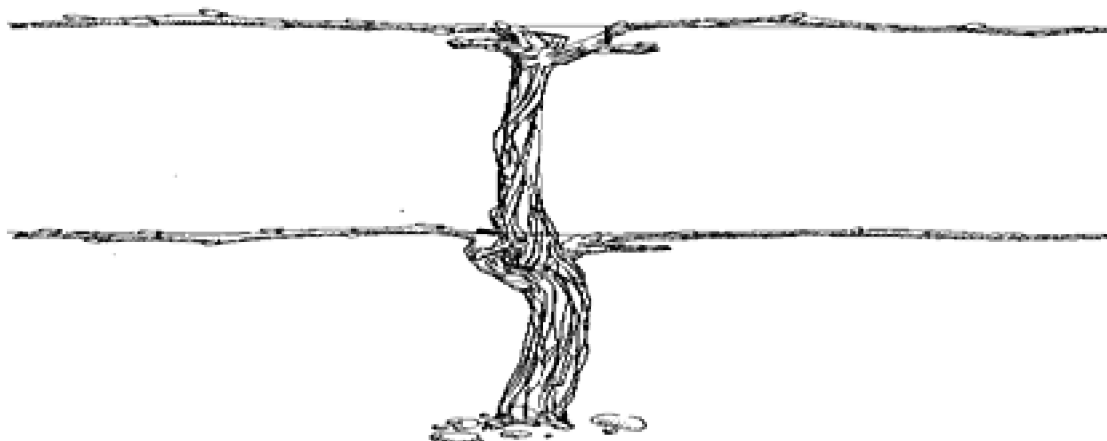


Figure 9 : Le Kniffin

(Guyot double sur deux étages) (Carbonneau, 2003).

4-3- Les porte greffes :

Le choix du porte-greffe repose sur la nature du sol et le cépage. L'influence du sol sur la vigne est complexe, l'examen de sa texture permet de connaître les limites de la culture franche du pied de *Vinifera* vis-à-vis du *Phylloxera* et du développement des *Nématodes*.

L'analyse chimique doit fournir le pourcentage de calcaire total et actif afin d'orienter le choix du porte-greffe en fonction de la résistance à cet élément.

La teneur en eau du sol est aussi un élément important d'appréciation, le manque d'eau conduit à la sécheresse. Cette teneur en eau est en relation étroite avec le climat en Algérie (grandes variations d'une année à une autre).

Le Dattier de Beyrouth dans les zones étudiées est greffé sur le 41B, le SO4, le 3309 C et le 99 R. Le 41 B et le SO 4 ont été retenus pour l'étude en hors sol (le SO4 absorbe facilement le potassium et difficilement le magnésium, le contraire est constaté pour le 41 B)

4-3-1- Le 41 B Millardet et De Grasset

Le 41 B fut obtenu par Millardet en croisant le chasselas x Berlandieri. Il présente un bourgeonnement cotonneux blanc, avec des traces de carmin sur les bords, aplati et épanoui. Jeunes feuilles bronzées, à duvet blanc.

Les feuilles sont cunéiformes à sinus latéraux 2l (nervure médiane), unies, cassantes, à bord révolutes, vert clair, sinus pétiolaire en lyre, nervures aranéuses, villosité inférieure (d) de la feuille est pratiquement glabre, dents ogivales, larges mucronées.

Les rameaux sont très côtelés, glabres, à nœuds violets à la base, possédant de très grandes vrilles, bifurquées. Les sarments sont côtelés, glabre à écorce grisâtre et pruinée, avec des nœuds plus foncés (chocolat) ; mérithalles moyens et nœuds assez proéminents, bourgeons très gros, en dôme.

Les fleurs sont femelles, Les grappes très petites à grains noirs, sphériques, petits. Sa résistance phylloxérique n'est pas absolue. Il est sensible aux nématodes (*Meloidogyne arenaria* et *Meloidogyne incognita*).

Sa résistance à la chlorose est très bonne, jusqu'à 40 % de calcaire actif. Sa vigueur moyenne ne provoque de débourrement précoce. Son feuillage est sensible au mildiou et nécessite des traitements en pépinière (Galet, 1991).

4-3-2- Le SO 4

C'est une sélection réalisée en Allemagne à l'Ecole de Viticulture d'Oppenheim sur le *Berlandieri-riparia* N° 4 de Teleki. Il présente un bourgeonnement duveteux, blanc à liseré rosé. Les jeunes feuilles sont aranéeuses, vertes plus ou moins cuivrées. Les feuilles sont cunéiformes, ternes, jaunâtres, ondulées, à bords involutées ; sinus pétiolaire en V étroit sur les jeunes feuilles devenant ensuite en U ; dents ogivales peu saillantes ; point pétiolaire rose nervure et pétioles pubescents. Sa résistance au calcaire actif varie de 17 à 18 %. Il assimile mal le magnésium, provoque le flétrissement pédonculaire. Il transmet une grande vigueur au greffon, et favorise à l'automne le développement de la pourriture grise. Cette vigueur accuse une forte baisse au bout de 15-20 ans, nécessitant l'arrachage. Il présente une tige trop grêle (supporte mal la forme de conduite haute). Les racines résistent bien aux nématodes endoparasites (*Meloidogyne arenaria* et *Meloidogyne incognita*) et résiste jusqu'à 0,4 pour mille de sel dans le sol (Galet, 1991).

4-3-3- Le 3309 C

Le 3309 C, est un hybride de *Riparia tomentosa* x *Rupestris* Martin. Il présente un bourgeonnement glabre, vert brillant. Les jeunes feuilles sont glabres et brillantes. Les feuilles sont cunéiformes, entières, épaisses, limbes glacés. Fleurs unisexuées mâles par avortement généralement stériles mais fructifiant parfois sur les souches vigoureuses. Les rameaux sont glabres, anguleux, défeuillaison moyenne. Les sarments anguleux à écorce rouge violacée. Les bourgeons sont petits, pointus. Sa résistance phylloxérique est très bonne. Il est sensible aux nématodes endoparasites (*Meloidogyne*). Sa résistance à la chlorose est moyenne (11% de calcaire actif). Il souffre de la sécheresse dans la région méditerranéenne. (Galet, 1991).

4-3-4- Le 99 R

C'est un hybride de *Berlandieri* Las Sorres x *Rupestris* du Lot. Son bourgeonnement est aranéeux en crosse. Les jeunes feuilles sont très rouges, aranéeuses. Les feuilles sont petites, réniformes, les fleurs sont hermaphrodites, unisexuées, mâles par avortement fructifiant rarement. Les rameaux sont côtelés, glabres, rouges au sommet et à nœuds violets à la base. Les sarments sont côtelés, très légèrement pubescents au niveau des nœuds, de couleur brun grisâtre à stries longitudinales noirâtres. Les mérithalles sont longs avec des nœuds effacés.

Le 99 R est facile à reconnaître avec son sinus pétiolaire en V très ouvert.

Résistant au phylloxera, il peut être planté dans les sols calcaires contenant jusqu'à

17% de calcaire actif. C'est un porte-greffe vigoureux, assez sensible à la sécheresse. Il est résistant aux nématodes. Il est sensible au sel dans le sol. (Galet, 1991).

PARTIE II : L'alimentation minérale de la vigne

Introduction

Une grande partie des vignobles en Algérie présente des déséquilibres nutritionnels (Bentchikou, 1987). La pratique d'une fertilisation raisonnée sera efficace pour l'optimisation des rendements (Toumi, 1997). L'apport des engrais minéraux et organiques aux vignobles en Algérie est faible (MADR, 2003).

La consommation moyenne d'engrais par hectare de terres arables dans le bassin méditerranéen est de 113 kg/ha en 1997. Elle est en augmentation dans tous les pays depuis 1960, excepté en Albanie et l'Algérie où elle a diminué depuis ces dernières années, pour s'approcher des niveaux de 1960 (7 kg/ha et 12 kg/ha respectivement). Dans tous les autres pays, les augmentations de la consommation sont très importantes. Elle a été multipliée par 10 au Proche-Orient, entre 1961 et 1997 (de 9 à 87 kg/ha) et le Liban (195 kg/ha). Ces derniers ont des niveaux d'utilisation équivalents ou supérieurs aux pays européens.

La Syrie (67 kg/ha) et la Turquie (63 kg/ha) sont situées sous la moyenne méditerranéenne mais ont vu leur consommation multipliée par 30 et 20, depuis 1960.

L'Égypte, où toutes les terres arables sont irriguées, est le plus grand consommateur d'engrais à l'hectare des pays méditerranéens avec 306 kg/ha en 1997. Dans le Maghreb, les quantités utilisées sont bien moindres, de l'ordre de 23 kg/ha en moyenne (Bedrani, 2005).

Dans les pays européens, on note la différence entre la moyenne des pays de l'Union européenne (177 kg/ha en 1997) et celle des pays des Balkans (78 kg/ha en 1997). La France consommait 261 kg/ha en 1997, après avoir atteint les 300 kg/ha dans les années 80. En Grèce, la consommation par hectare a légèrement baissé, après avoir atteint son maximum au début des années 1990.

L'établissement d'un vignoble repose sur le choix du site (plaine, coteau, bas de pente) et du drainage naturel des sols. Le type du sol et la fertilisation sont déterminants pour la qualité du raisin (Champagnol, 1984).

Le premier objectif de la fertilisation du vignoble repose sur le maintien des potentialités des zones étudiées. Le vignoble des vallées de l'Oued Isser et l'Oued Sebaou est implanté sur des sols peu à moyennement fertiles. Le vignoble des coteaux présente des sols sensibles à l'érosion, peu fertiles (Toumi, 1997).

La satisfaction des besoins de la vigne en éléments minéraux constitue le deuxième objectif. En général, c'est l'objectif principal de la fertilisation. Cependant, il est nécessaire de maintenir le sol en état d'assurer la nutrition de la vigne en apportant les éléments minéraux présents en quantité insuffisante ou peu disponible (Galet, 1993).

Le dernier objectif est d'assurer une production de qualité. Cet objectif influence de manière importante le raisonnement de la fertilisation, les apports ne sont pas destinés à mettre la vigne dans les conditions favorisant la croissance et une production maximale uniquement mais, au contraire, la recherche de la qualité implique la limitation de la vigueur et le respect d'un rendement modéré (Delas, 1990).

Nous recherchons donc une alimentation minérale modérée en évitant cependant les risques de carence ou d'accidents physiologiques (Spring *et al.*, 2003).

La fertilisation ou l'amendement ne doit pas être systématique pour redresser les sols des vignobles en Algérie. Une étape importante et indispensable est la connaissance du terrain à redresser (Toumi, 1988).

Cette connaissance passe par différentes étapes. Un examen préalable de la vigne est toujours riche d'enseignements : l'hétérogénéité du comportement, symptômes de carences, de chlorose, de contrainte hydrique, vigueur mortalité, présence d'affleurements rocheux (Bertoni et Morard, 1988)

1- Les besoins en éléments minéraux de la vigne

Une partie des prélèvements des éléments nutritifs par la vigne retournent au sol (bois de taille, feuilles) réduisant les exportations réelles. Il y a également un stockage des éléments minéraux dans les bois et les racines (Spring *et al.*, 2003).

Les besoins de la vigne sont peu importants par rapport à la plupart des plantes cultivées (Delas, 1990). De plus, les rythmes d'absorption annuels, étalés sur une longue période, ne présentent jamais de pic vraiment élevé. Au printemps, la vigne prélève du sol entre 500 à 1000 g/ha/j d'azote et de potassium. En début du cycle végétatif, la redistribution des éléments minéraux se fait à partir des organes de réserve. Les racines sont par la suite opérationnelles et prélèvent les éléments minéraux dissous dans l'eau du sol. Lors de la maturation, les composés présents dans la plante sont transférés depuis les feuilles et les rameaux vers les fruits ainsi que les organes de réserve (Riberau-Gayon et Peynaud, 1980).

Les éléments nutritifs sont tous prélevés par la plante dans la solution du sol. La vigne nécessite pour se développer, quinze éléments nutritifs. Neuf d'entre eux constituent les macro-éléments, comprenant d'une part C, O et H, qui ne sont pas des éléments minéraux au sens strict du terme, et d'autre part, Ca, N, P, K, Mg, S. Les six autres éléments (Fe, Zn, B, Mn, Cu et Mo) sont des oligo-éléments, dénommés aussi micro-éléments (Morard, 1995) (figure 10). Trois autres éléments (Si, Al et Na), toujours présents dans les organes de la vigne ne semblent cependant pas être indispensables (Huglin, 1986). Le chlore est indispensable pour la plante (Marschner, 1997).

Les besoins de la vigne sont connus. En effet, plusieurs auteurs (Delas, 1991, Loue 1977 ; Marocke 1977 ; Spring *et al.*, 2003) ont établi des normes pour les besoins de la vigne en éléments fertilisants variant suivant la nature des sols, le cépage, le porte greffe et dépendant de la charge (Poids par souche) et de la pluviosité de l'année.

La partie la plus importante des prélèvements provient des feuilles et des rameaux; les fluctuations sont donc essentiellement dues aux variations de la fraction contenue dans ces feuilles et rameaux, et ne dépendent qu'assez peu des variations du rendement.

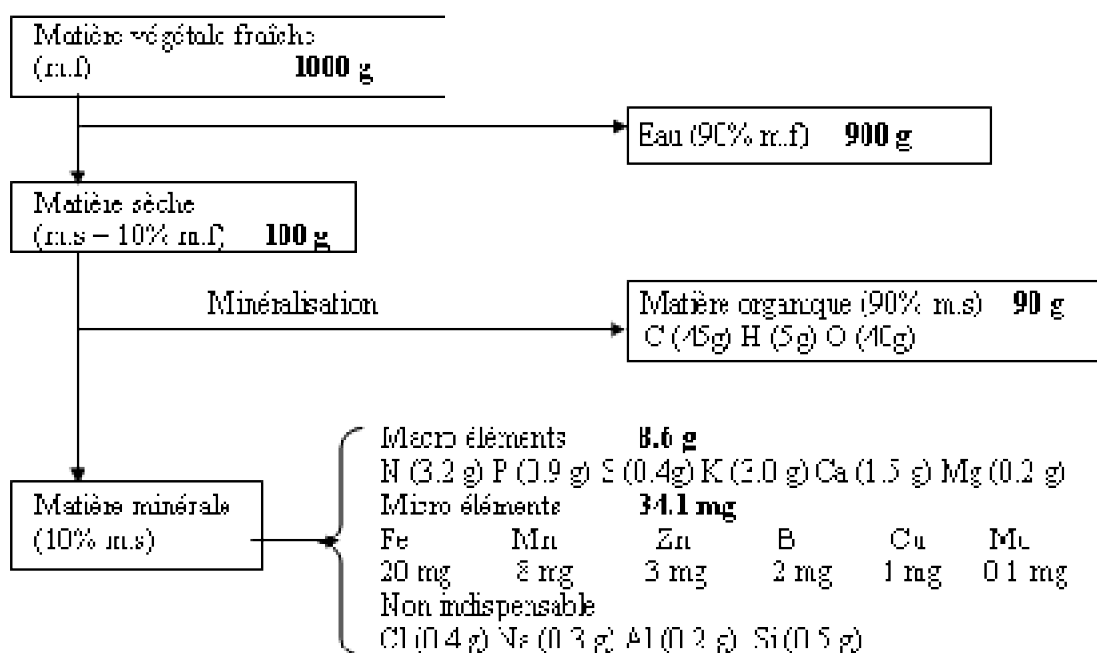


Figure 10 : Analyse minérale d'un modèle végétal (Morard, 1995).

Par ailleurs, les feuilles, les rameaux et parfois les sarments retournent au sol, les exportations par la vendange sont plus faibles que les prélèvements totaux (Delas, 1979 ; Fregoni, 1985) (Tableaux 4, 5, 6).

Les besoins de la vigne sont relativement faibles sans commune mesure avec ceux des cultures annuelles intensives (Delas, 1990 ; Fregoni, 1985).

Ils ne peuvent cependant être négligés sous peine de provoquer des troubles de la nutrition, parmi lesquels les carences en potassium et en magnésium sont les plus connues (Delas, 1987).

Régions Eléments nutritifs	Médoc 5,3 t/ha		Abaix 10t/ha	
	Prélèvements	Exportations	Prélèvements	Exportations
N	40	15	54	17
P ₂ O ₅	15	15	17	07
K ₂ O	60	25	70	28
	D'après Murtz (1895) et Delmas (1971)		D'après Marcelle (1977)	

Tableau 4 : Prélèvements de la vigne (Bois, feuilles, raisins) et exportations par la vendange

(Delas, 1979).

Rendement t/ha	kg/ha/an				
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	CaO
7-25	22-24	5-55	41-148	6-25	28-204

Tableau 5 : Prélèvements de la vigne en éléments majeurs (Fregoni, 1985)

Rendement t/ha	g/ha/an				
	Fe	P	Mn	Zn	Cu
7-25	292-1121	37-128	49-787	110-585	64-910

Tableau 6 : Prélèvements de la vigne en oligo-éléments (Fregoni, 1985).

2- Le rôle des éléments minéraux

Le rôle des éléments nutritifs (N, P, K, Mg, Ca) dans la nutrition minérale de la vigne a été étudié en conditions contrôlées (Delas et Pouget, 1984 ; Delmas, 1971). Le soufre et les oligo-éléments sont généralement apportés par les produits phytosanitaires et n'ont pas fait l'objet de beaucoup d'études (Huglin, 1986).

Différents travaux (Delas, 1990 ; Delmas, 1971) ont concerné le fer qui présente un

cas particulier dans les sols calcaires (chlorose ferrique des vignes).

Nous nous intéresserons aux travaux réalisés en conditions artificielles sur l'effet spécifique des éléments.

Le suivi interannuel concerne surtout la vigne sur place (Loué, 1977).

2-1- L'azote

Son importance dans la croissance et le développement de la vigne, comme son action dans le métabolisme sont bien établies (Marschner, 1997). Il représente 1 à 4 pour cent de la matière sèche végétale. Il intervient dans les principaux processus de développement de la plante et de détermination du rendement (Martin-Prevel *et al.*, 1984). L'azote est absorbé par la vigne préférentiellement sous forme nitrique NO_3^- (Delas, 1990).

La réduction de l'azote s'effectue dans toute la plante et surtout dans la feuille (Champagnol, 1977).

Un bon apport d'azote à la plante est important pour l'absorption d'autres éléments nutritifs. C'est un constituant essentiel de la matière végétale (Marschner, 1997).

Il entre dans la composition chimique des acides aminés (protéines et enzymes), des acides nucléiques (ADN) et de substances indispensables pour le fonctionnement du végétal comme la chlorophylle, les auxines qui stimulent la prolifération des bourgeons ainsi que les cytokinines (Baeyens, 1967).

La végétation de la vigne réagit aux apports élevés d'azote par une augmentation de la vitesse de croissance des rameaux dont le nombre peut être majoré par l'entrée en activité de quelques bourgeons supplémentaires, les feuilles ont une couleur verte plus foncée. L'arrêt de la croissance en longueur des rameaux et la chute des feuilles en l'absence de gelée sont retardées (Champagnol, 1978).

On observe également une sensibilité plus grande aux maladies cryptogamiques et particulièrement au *Botrytis cinerea* (Delas, 1986).

L'azote a une incidence directe sur la croissance et le rendement. En viticulture l'objectif qualitatif de production nécessite la limitation des effets négatifs des excès d'azote (Champagnol, 1984). La carence en azote réduit plus fortement que les autres carences la croissance de la vigne (Delmas, 1971).

Une nutrition azotée insuffisante de la plante se manifeste d'abord par une végétation chétive ainsi qu'une coloration verte jaunâtre du feuillage. Cette insuffisance de végétation s'accompagne d'une maturité accélérée, d'une chute prématurée des feuilles et d'un rendement réduit (Gros, 1979).

2-2- Lephosphore

Le phosphore fait partie des fumures traditionnelles en viticulture (Bertoni, 1982). La vigne ne présente pas de carence grave en phosphore (Delmas, 1971).

Le phosphore est absorbé sous la forme H_2PO_4^- ou HPO_4^{--} et se trouve sous forme libre dans le suc cellulaire. Il est surtout lié avec de nombreuses substances organiques (Marschner 1997). Le phosphore est un élément essentiel pour la physiologie végétale. Il participe à la plupart des réactions indispensables à la vie qui demandent de l'énergie : respiration, synthèse des glucides et des protéines. L'acide phosphorique est à la base du métabolisme énergétique. Il représente le constituant de base du noyau cellulaire. Il représente 0,1 à 0,4 pour cent de la matière sèche et joue un rôle déterminant dans le transfert d'énergie (Loue, 1977).

Les besoins de la vigne en phosphore sont faibles. De plus, la capacité d'absorption de cet élément par les vignes en place est importante (mycorhizes). 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.

Le développement racinaire de la vigne est favorisé par une bonne nutrition phosphorique en début de végétation. Il représente aussi un facteur de précocité puisqu'il active le démarrage et tend à raccourcir le cycle végétatif (Marschner, 1997).

Les sarments bien pourvus en phosphore sont susceptibles d'accumuler davantage de réserves amylacées et de préformer des grappes plus nombreuses dans les bourgeons (Reynier, 1986).

Galet (1993), admet que le phosphore aurait une action favorable sur la rhizogénèse.

Les symptômes visuels de carence en phosphore sont nets en conditions contrôlées (Delmas, 1971) et sont moins évidents à reconnaître sur le terrain.

Dans le cas d'une alimentation phosphorique insuffisante, le feuillage prend un aspect pleureur qui, selon Duthil (1973), est absolument caractéristique, le pétiole est alors plus incliné sur le rameau et l'angle du limbe avec le pétiole est plus fermé que si l'alimentation en phosphore est correcte.

Floraison et véraison sont retardées par la carence phosphorique, les baies sont moins nombreuses, plus petites mais plus riches en pépins, l'ensemble du système foliaire étant très réduit.

L'insuffisance phosphorique se traduit également par une réduction du système racinaire, du diamètre du tronc et de la croissance des rameaux. Elle réduit aussi l'importance du feuillage en diminuant le nombre feuilles (moins de méristhales) et leur poids unitaire et diminue le nombre grappes par bourgeon (Delmas, 1971).

L'excès de phosphore réduit la croissance du tronc et des rameaux, la surface foliaire et la fertilité (Delmas, 1971).

2-3- Le potassium

Les besoins de la vigne en potassium varient suivant la nature des sols, le cépage, le porte greffe ainsi que de la charge et de la pluviosité de l'année (Fregoni, 1985). La fourchette de concentration souhaitable pour le potassium est de 1,2 à 1,4 % potassium matière sèche (MS) dans la feuille (Loué, 1977).

Le potassium est, avec le calcium et le magnésium, un des trois macro éléments cationiques indispensables à la croissance de la vigne (Morard, 1995). Le potassium agit à l'état ionique et pénètre facilement dans la plante. Sa concentration dans le sol peut être faible par rapport à celle du calcium et magnésium sans que cela entraîne des carences dans le végétal (Champagnol, 1984 ; Marschner, 1997).

Le potassium participe au grandissement cellulaire (Mengel et Kirbey, 1987). L'entrée du potassium dans la cellule favorise celle de l'eau, c'est ainsi qu'il intervient dans le processus d'ouverture et fermeture des stomates (Marschner, 1997 ; Ryser, 1989).

Le potassium intervient également dans la pression osmotique en diminuant la transpiration et en maintenant la turgescence cellulaire (Beringer, 1979).

Le rôle principal du potassium semble être catalytique puisque sa carence entraîne des déficiences dans la synthèse des protéines (Champagnol, 1978).

L'ion K^+ intervient aussi directement dans les mécanismes de perméabilité cellulaire et du déroulement des mitoses, le pH cellulaire ainsi que l'activation de nombreux systèmes enzymatiques (Mazliak, 1981).

Il intervient dans la synthèse des sucres, leur migration vers les baies salifiant l'acide tartrique en bi tartrate de potassium dans les raisins. C'est un élément très mobile dans la plante, ce qui lui permet d'être facilement transporté vers les sites d'utilisation et redistribué par la suite. Le potassium est antagoniste d'autres cations, notamment du magnésium. Un niveau trop élevé d'absorption du potassium se traduit par une moindre absorption du magnésium (Marschner, 1997).

Toutefois, son rôle le plus évident est de neutraliser les charges électriques négatives des groupements acides des molécules biologiques et en premier lieu des protéines et des acides organiques (Salsac, 1977).

Le potassium accroît entre autre la résistance de la vigne aux maladies cryptogamiques en donnant plus de rigidité aux tissus (Huguet, 1977).

Il joue ainsi un rôle vital dans la synthèse des hydrates de carbone et des protéines. Le potassium améliore le régime hydrique de la plante, accroît sa tolérance à la sécheresse, au gel et à la salinité. Les plantes bien alimentées en potassium sont moins sensibles aux maladies (Delas, 1990).

Par contre, le manque de potassium conduit à un arrêt de la formation de l'amidon puis à la véraison, il finit par interrompre la migration des réserves causant un mauvais aoûtement des sarments (Champagnol, 1984).

Un rapport K/Mg de l'ordre de 3 à 8 dans les pétioles prélevés à la véraison traduit une bonne alimentation en potassium et en magnésium. (Delas, 1979).

2-4- Le magnésium

Il est nécessaire à la formation d'un pigment telle que la chlorophylle, essentiel pour la photosynthèse qui permet aux plantes de fixer le gaz carbonique de l'air et de le transformer en sucres. Le magnésium est facilement absorbé que le calcium mais moins

que le potassium (Mazliak, 1981).

Le magnésium est très mobile et migre des feuilles âgées vers les feuilles jeunes comme pour le potassium (Ribereau-Gayon et Peynaud, 1980).

Avec le potassium, il contribue à la neutralisation des acides organiques. Il intervient aussi dans de nombreuses réactions enzymatiques concernant le métabolisme des sucres. Avec le calcium, il entre dans la constitution des parois cellulaires dont il contribue à assurer la stabilité. Il exerce une action antagoniste envers d'autres cations (Ca^{2+} , NH_4^+) et contribue à équilibrer avec eux les acides organiques du milieu interne.

Delas (1979), estime que le rapport K/Mg doit être impérativement inférieur à 10 pour écarter tout risque de carence magnésienne et qu'un rapport K/Mg inférieur à 7 est le signe d'une alimentation magnésienne normale.

Chez la vigne, le magnésium intervient dans l'absorption et l'assimilation des engrais phosphatés et constitue un élément favorable à la turgescence cellulaire.

Dans le cas d'une carence en magnésium, les nervures restent tout d'abord vertes et le changement de couleur affecte la partie intermédiaire du limbe, on parle de digitations. Par la suite, les feuilles se nécrosent, puis tombent. Il est reconnu depuis fort longtemps que les précipitations favorisent la carence magnésienne du fait même qu'elles facilitent l'absorption du potassium, élément antagoniste du magnésium (Brechtbuhler, 1975).

D'autre part, la carence en magnésium atteint tout spécialement les jeunes ceps dont l'enracinement est encore superficiel (Simon, 1970).

2-5- Lecalcium

Le calcium est absorbé sous forme ionique Ca^{++} et correspond à un besoin continu et régulier dans le temps pour la vigne (Delmas, 1971).

C'est un cation peu mobile et présent sous forme de combinaisons organiques stables et sels insolubles et s'accumule avec le vieillissement des organes en particulier dans les feuilles âgées (Garcia *et al.*, 1984).

Le calcium joue d'une part, un rôle d'antitoxique vis - à vis des ions organiques ou minéraux en excès et d'autre part, un rôle plastique d'extrême importance en insolubilisant les acides pectiques pour former les parois cellulaires pectocellulosiques (Martin-Prevel *et al.* 1984). Dans la vigne, le calcium est nécessaire au développement normal du système racinaire, il freine l'absorption de l'eau et accélère la transpiration à l'inverse du potassium.

L'excès de calcium provoque des déficiences en K et Mg, des carences en oligo-éléments métalliques (Fe, Mn, Zn) et détériorent le bilan hydrique.

La carence en calcium a été observée en milieu contrôlé par Hagler et Scott (1949) Peyer *et al.*, (1964), Bruzau *et al.*, (1968) cités par Galet (1988). Il y a d'abord une chlorose marginale et internervaire, suivie de nécroses ponctuelles sur les feuilles adultes, d'abord sur les bords du limbe, puis entre les nervures. On aboutit finalement à la chute du feuillage et à la mort de la plante.

3- Physiologie de l'absorption minérale de la vigne

Chez la vigne, l'absorption des éléments minéraux est assez régulière et s'étale sur toute la période de croissance et quelquefois aussi sur la période de maturation lorsque les teneurs de la plante à l'arrêt de croissance sont réduites (Champagnol, 1984). Les poils absorbants des racines constituent les organes de prélèvement des ions minéraux dans la solution du sol ou à partir des complexes colloïdaux (Mazliak, 1981).

Les grands processus de l'absorption des éléments minéraux peuvent être succinctement résumés de la manière suivante :

- les ions, les cations tout au moins sont d'abord fixés sur les sites d'échanges de la racine à partir de quoi ils pénètrent de manière réversible dans un espace dit libre, dont ils peuvent ressortir, ensuite ils pénètrent au sein même des cellules de manière irréversible par l'intervention du phénomène métabolique,
- le flux hydrique apporte au contact de la racine les anions de la racine non retenus par le complexe adsorbant, tels que les nitrates, chlorures, bicarbonates, une partie de sulfates ainsi que des cations retenus parmi lesquels, Ca^{++} est prédominant,
- l'absorption des ions diffère selon leur nature. En effet, parmi les anions, NO_3^- pénètre beaucoup moins facilement et H_2PO_4^- encore moins,
- parmi les cations, K^+ pénètre plus que le Mg^{++} et ce dernier plus que le Ca^{++} (fortement absorbé).

Delas et Pouget, (1984) ont montré en cultures hydroponiques de la vigne, les interactions existantes sur le cépage et le porte greffe au niveau de la nutrition en potassium magnésium et calcium.

L'effet du porte greffe représente la capacité d'absorption du système racinaire (Daverede, 1996). L'effet du greffon correspond à la capacité de stockage du limbe des feuilles ou la capacité de transit dans le cas du pétiole. Cette méthode permet d'établir un classement des variétés de porte greffes en fonction de leur capacité à absorber ou stocker les éléments minéraux.

Delas et Pouget, (1984) ont mis au point un test de sélection de nouveaux porte greffes pour la résistance à la carence en magnésium et d'améliorer la connaissance des interactions greffon – porte greffe.

L'absorption d'un élément minéral ne se fait pas d'une manière totalement indépendante de celle des autres éléments (Garcia *et al.*, 1999).

D'une manière plus concrète, sur la vigne, des teneurs trop élevées en potassium dans la feuille gênent l'absorption du magnésium, ce qui peut se traduire par des symptômes visuels de carence, alors que le sol peut être suffisamment pourvu en cet élément (Martin-Prevel *et al.*, (1984).

Il existe pour la vigne d'autres antagonismes, Frégoni (1985) signale qu'en Italie

l'antagonisme entre le calcium et le potassium se manifeste presque toujours quand la teneur de ces deux éléments est élevée dans les feuilles.

D'autre part, l'excès d'azote peut entraîner un blocage dans l'absorption du phosphore, ce qui laisse apparaître des symptômes de déficience en cet élément.

Martin-Prevel *et al.* (1984), signale également qu'il existe des antagonismes entre le phosphore avec le fer et le zinc.

4- Le contrôle de l'alimentation minérale de la vigne

4-1- Le sol

Le sol est un élément indispensable pour la culture de la vigne. Il agit par sa structure physique, sa composition chimique et son activité biologique. Ces éléments sont sous la dépendance étroite de l'origine géologique.

Les potentialités nutritives d'un sol sont en relation avec sa profondeur exploitable par les racines, la proportion de terre fine, la structure du sol, la teneur en éléments assimilables ou échangeables pour chaque horizon ou couche de sol, le dynamisme des éléments dans le sol, les réserves totales, les facteurs climatiques et le régime de l'eau ainsi que les techniques culturales (Ribereau-Gayon et Peynaud, 1980).

4-1-1- Structure physique

L'importance relative des éléments constituants du sol (silice, argile, calcaire, humus) détermine la compacité de la terre et la facilité de pénétration des racines dans les différents horizons.

Son action est en relation avec la proportion de la terre fine par rapport aux cailloux et l'épaisseur de la couche de terre arable, permettant aux racines d'explorer un volume plus ou moins grand de terre et d'ancrer la souche dans le sol plus ou moins solidement.

Un sol bien structuré, à éléments grumeleux, assure un cheminement et une répartition optimum des racines (Champagnol, 1984).

Les sols présentant un pourcentage d'argile supérieure à 25% deviennent de plus en plus compactes et de moins en moins aptes à la culture de la vigne. Ce type de sols conservent l'eau pendant longtemps en hiver et se dessèchent rapidement en été, provoquant des fentes de retraits préjudiciables aux racines de la vigne.

Le calcaire est un élément important dont il faut connaître la teneur avant d'établir une plantation nouvelle. Les sols calcaires sont généralement pauvres en matière organique. Le calcaire active la nitrification et les nitrates formés sont rapidement absorbés par la vigne ou entraînés par les solutions du sol.

Des analyses du sous-sol peuvent être très intéressantes, notamment pour connaître

la teneur en calcaire et déterminer ainsi le porte-greffe le mieux adapté. Ces informations seront complétées par la réalisation de profils pédologiques (Bertoni, 1982).

Les éventuels apports seront déterminés à partir des résultats d'analyse complète de sol. Le pH eau du sol est un critère utile notamment pour envisager des amendements organiques sur marnes calcaires (Soltner, 1996).

L'objectif est alors de ramener le pH eau à des valeurs proches de 6,5. Pour la matière organique, les taux satisfaisants varient de 1 à 2 %, en fonction de la teneur en argile du sol. En deçà de ce seuil, la stabilité structurale, la porosité, l'aération du sol, le stockage des éléments minéraux ou la stimulation de l'activité biologique peuvent être altérés. Dans ces cas, un apport est conseillé (Garcia *et al.*, 1984).

A l'opposé, le but n'est pas d'atteindre un taux important de matière organique en effectuant des apports irraisonnés et massifs, qui engendreraient des problèmes d'excès de vigueur, de déséquilibre et des risques de pollution de l'environnement (Champagnol, 1984).

L'analyse mécanique des sols permet de déterminer les proportions de terre fine et de cailloux par un simple tamisage. Les sols fortement caillouteux sont des sols pauvres squelettiques, peu évolués, provenant d'alluviaux fluviales ou maritimes. Ils permettent d'obtenir une qualité élevée au détriment des rendements (Galet, 1993).

La proportion de terre fine (diamètre < 2 mm) conditionne l'assimilation des éléments nutritifs. Pour un sol graveleux, la richesse réelle pour un volume de sol donné est d'autant plus faible que le pourcentage de galets est élevé (Delas, 1968).

La profondeur du sol détermine la capacité de colonisation des racines et induit un potentiel de développement de la vigne (Galet, 1988). Les éléments nutritifs ne sont accessibles aux racines que dans la mesure où celles-ci peuvent pénétrer entre les agrégats du sol (Ribereau-Gayon et Peynaud, 1980).

La température du sol influe sur la nitrification et le développement de la vigne.

Le pouvoir de rétention de l'eau des sols influe également sur le développement de la vigne (asphyxie, sécheresse, folletage).

Un sol à structure lamellaire limite les possibilités de pénétration verticale. Un sol à structure prismatique (hydromorphie temporaire de surface) limite leur extension horizontale. L'amélioration de la structure dans un sol viticole repose essentiellement sur le travail du sol pour éviter la formation des semelles de labours et les amendements organiques (Champagnol, 1984).

La couleur du sol modifie sa température au niveau de sa surface et son air ambiant. L'état de sa surface agit sur le dessèchement, le ruissellement, la pénétration des eaux de pluie, le développement des plantes adventices (Galet, 1993).

La vigne étant une plante qui s'installe progressivement dans un volume de sol; celui-ci doit être défini par les caractères de surface et de profondeur susceptible d'être exploitée par les racines. Il est en effet en évolution continue et s'intègre dans un paysage donné (Duthil 1973).

4-1-2- Composition chimique

La nutrition minérale de la vigne peut être contrôlée par l'examen de la teneur du sol en éléments minéraux. Les résultats d'analyse du sol sont très difficiles à interpréter parce que les possibilités d'échange entre le sol et la plante dépendent de nombreux facteurs.

Ces facteurs sont, la nature et l'abondance des colloïdes, le profil des minéraux et de l'eau dans le sol et le profil d'occupation par le système racinaire, qui sont assez mal connus (Champagnol, 1977).

De plus, l'analyse indique la richesse du sol en éléments nutritifs, mais elle ne donne aucune indication sur l'aptitude de la vigne à absorber cet élément dans le milieu considéré (Gros, 1979).

Cependant, l'analyse du sol est indispensable avant toute plantation de vigne. Les résultats permettent de fixer une fumure de fond destiné à emmagasiner en profondeur les éléments minéraux peu mobiles et de corriger les défauts du sol qui pourraient s'opposer à la réussite de la plantation. Ils permettent aussi de choisir un porte greffe bien adapté aux caractéristiques du milieu (Delas, 1991).

Les déficiences en certains éléments dans les plantes peuvent être en relation directe mais également indirecte avec leurs disponibilités dans le sol. Elles sont souvent l'expression d'un rapport défavorable dans ce dernier affectant l'absorption, la distribution et la possibilité des interactions dans le végétal (Galet, 1993).

Les relations sol-vigne s'établissent par l'intermédiaire des racines. Les conditions physico-chimiques du sol limitent le développement et l'absorption racinaire, mais aussi la disponibilité plus ou moins grande des divers éléments minéraux et de l'état sanitaire des racines. Deux conditions essentielles doivent être remplies pour que la plante soit en mesure de puiser les éléments dissous ou adsorbés, nécessaires à son alimentation : perméabilité et aération, richesse en éléments nutritifs (Martin-Prevel *et al.*, 1984).

L'absorption des cations est étroitement liée à la capacité d'échange du sol et du sous sol (Loue, 1976).

Les cations basiques interviennent non seulement en tant qu'éléments nutritifs, mais jouent aussi un rôle essentiel dans la neutralisation de l'acidité, le maintien de l'activité biologique générale et dans la structuration du sol (Champagnol, 1984).

Ces cations sont absorbés par les plantes sous forme de sels solubles (bicarbonates nitrates, sulfates) qui circulent rapidement vers la racine en milieu saturé d'eau puis diffusent de plus en plus lentement à mesure que le sol se dessèche (Marschner, 1997).

Ils sont remplacés par les cations échangeables qui se comportent en réserve immédiatement disponible (Duchaufour, 2001).

Pour un même type de sol, plusieurs études ont montré une relation entre les fumures apportées (Dietrich *et al.*, 1964 ; Lévy *et al.*, 1972), les rendements (Lévy, 1964 b) d'une part et l'analyse foliaire d'autre part.

Les caractéristiques physico-chimiques du sol influencent les possibilités d'absorption des éléments nutritifs. Ainsi, l'alimentation potassique moyenne augmente

considérablement avec la proportion de sables dans le sol. De ce fait, malgré la pauvreté apparente du sol, les vignes de sable sont généralement bien alimentées en potassium (Lévy, 1964 a).

Les phénomènes de carence potassique apparaissent le plus souvent dans les sols très argileux, même apparemment bien pourvus en potassium échangeable (Rochaix, 1970).

De même, en sol sableux très pauvre en magnésium échangeable, l'apport de magnésium au sol entraîne un accroissement du taux de magnésium dans les limbes et pétioles, ainsi que la disparition de symptômes de carence et l'augmentation des rendements (Delas, 1968).

Différents essais (Delas, 1986, 1987 ; Delmas, 1971) ont montré qu'un milieu physique défavorable limite le développement des racines. L'alimentation minérale des cultures est particulièrement difficile en sols pauvres. En effet quand le volume de terre fine exploitée par les racines est limité, les quantités d'éléments nutritifs se trouvant à la disposition de la plante le sont aussi (Roumbas, 1983).

Le sol est l'un des principaux facteurs de l'effet terroir, il a une influence directe sur le comportement nutritionnel de la vigne, culture capable d'exprimer les propriétés particulières de celui-ci (Morlat, 1989).

La vocation d'un sol viticole se ramène à sa fertilité agronomique qui est une conséquence de sa nature minéralogique (Champagnol, 1984).

Il est donc nécessaire de connaître sa composition chimique et sa structure physique car l'absorption des éléments minéraux dépend de la quantité en éléments assimilables présents dans le sol et du mode d'enracinement de la vigne (Ribereau-Gayon et Peynaud 1980).

Le phosphore n'est pas à apporter en priorité. Les carences en phosphore n'ont jamais été observées en conditions naturelles en Algérie (Toumi, 1997).

De plus, des apports massifs en phosphore peuvent être polluants et avoir un effet néfaste sur la qualité des eaux de surface (eutrophisation). Un niveau suffisant dans le sol varie de 30 à 55 ppm (méthode Olsen) et de 80 à 120 ppm (Méthode Truog).

Actuellement, la mesure de la capacité d'échange cationique et des cations de Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ en cmolkg^{-1} permet d'apprécier les équilibres du sol qui permettent de créer les conditions favorables à l'assimilation racinaire (Duchaufour, 2001).

Le potassium et le magnésium doivent être gérés impérativement ensemble de manière à maintenir un équilibre entre ces deux éléments (Galet, 1993).

En effet, les sols contenant du potassium en excès (cas assez fréquent lié à des fertilisations excessives et répétées) peuvent bloquer l'assimilation du magnésium (phénomène d'antagonisme entre ces deux éléments) (Delas, 1990).

Il convient de n'apporter ces éléments que lorsqu'ils sont nécessaires (Ribereau-Gayon et Peynaud., 1980).

La teneur du sol en potassium et en magnésium n'est pas le critère le plus pertinent. On se basera plutôt sur le pourcentage de potassium et de magnésium par rapport à la

C.E.C. Les objectifs à atteindre sont de 3 à 4 % de la C.E.C pour le potassium et de 6 à 8 % de la C.E.C. pour le magnésium (Bertoni et Morard, 1988).

Lorsque l'apport est nécessaire, il convient de choisir avec soin les quantités, les produits à utiliser, ainsi que les dates et les modalités d'apport (Spring *et al.*, 2003).

Les quantités et les choix de produits sont fixés en fonction des préconisations faites à la suite de l'interprétation des analyses de sol et ayant une bonne connaissance du vignoble concerné (Huglin, 1986).

La vigne, plante pérenne, puise l'eau et les éléments minéraux indispensables à sa croissance et à son développement dans le sol (Ribereau-Gayon et Peynaud, 1980).

Elle est capable avec son système racinaire d'explorer un grand volume de sol, et elle a des exigences minimales vis-à-vis des apports de fertilisants.

De plus, c'est une plante rustique qui s'adapte bien à pratiquement tous les types de sols. Mais, c'est dans des sols à faible fertilité naturelle qu'elle exprime souvent, le maximum de qualité (Champagnol, 1984).

La fertilisation sur vigne vise à compenser les pertes en éléments minéraux dans le sol (Insolubilisation, lessivage) ainsi que les exportations annuelles de la culture (récolte) (Spring *et al.*, 2003).

Les apports éventuels doivent être raisonnés en fonction du type de sol, des caractéristiques de la vigne (matériel végétal, conduite) et des objectifs qualitatifs et économiques (Galet, 1993).

Les bilans agronomiques ne puissent faire état que de l'azote minéral global. Le problème de la fertilisation par engrais azotés se pose ; les nitrates avec l'urée sont facilement lessivés, alors que l'azote ammoniacal est retenu par le pouvoir absorbant du sol (Spring *et al.*, 2003). Les pertes par dénitrification sont variables suivant les sols (Galet, 1993).

L'azote minéral se trouve incorporé en quasi-totalité dans les composés organiques du sol : il s'y trouve pratiquement bloqué, en particulier lorsque l'abondance du carbone assimilable favorise la prolifération microbienne. Celle-ci règle donc, de façon diverse selon les sols, la disponibilité de l'azote en réserve. Le raisonnement d'un apport azoté est réalisé en fonction de l'observation au vignoble (viguer et rendement) et en s'adaptant aux objectifs de production (Spring *et al.*, 2003).

4-2- Le diagnostic foliaire de la vigne

D'après Bovay (1960), le diagnostic foliaire a pour but de déterminer par l'analyse chimique du feuillage, le niveau nutritif des souches d'une parcelle donnée et de comparer les résultats obtenus à des chiffres optimaux reflétant le niveau alimentaire d'une vigne idéale.

Lagatu et Maume (1924) furent les premiers à utiliser le diagnostic foliaire pour évaluer la nutrition minérale de la vigne, ils préconisaient l'analyse des deux feuilles de la base des rameaux fructifères portant 1 à 3 grappes aux stades début et fin floraison,

véraison et maturité. Bovay (1960) préconise le prélèvement de la feuille inférieure entièrement développée sur un sarment fructifère, et ce, aux stades suivants : début de la floraison, fin de la floraison véraison. Le prélèvement effectué à la maturité présente moins d'intérêt du fait du vieillissement des feuilles et de leur chute prématurée. Lévy (1970) a mis en évidence lors d'une étude comparative des résultats obtenus respectivement avec quatre et deux prélèvements, que la valeur de la moyenne était inchangée et que sa précision était peu altérée lorsqu'on supprimait la première et la dernière des quatre analyses classiques.

Actuellement l'analyse foliaire à la floraison correspond à un stade critique au niveau de l'utilisation des réserves et de l'absorption annuelle. Elle est utilisée pour le diagnostic des besoins en éléments nutritifs (Spring *et al.*, 2003). Le stade de la véraison est utilisé pour l'établissement du bilan de l'année et d'évaluer particulièrement, la nutrition minérale en potassium et magnésium (Delas, 1990). La fertilisation rationnelle consiste à assurer le maintien d'une parcelle près du niveau de nutrition optimale qui correspond à l'obtention d'une vendange de qualité avec un rendement convenable. Pour atteindre cet objectif, il est donc nécessaire d'évaluer le niveau de nutrition de cette parcelle et de le situer par rapport au niveau optimal de nutrition. Les teneurs moyennes de référence établies aux quatre stades phénologiques par Lagatu et Maume, (1924) pour la très bonne nutrition sont :

N : 2,50 M.S %. P : 0,22 % M.S. K : 2,08 % M.S.

Lévy (1970) modifie la norme de bonne nutrition potassique qui devient 1,45 % au lieu de 2,08 % de K.

En Algérie, Aldebert (1958) a établi des normes de référence pour la Mitidja et les coteaux algérois, qui sont proches de celles de Lagatu et Maume, (1924). (Tableau 7).

Tableau 7 : Normes de référence de l'analyse foliaire pour la Mitidja et les coteaux algérois

Normes	Pays	% N M.S	% P M.S	% K M.S
Lagatu et Maume (1924)	France	2,50	0,22	1,45
Aldebert (1958)	Algérie (Mitidja)	2,80	0,28	1,08
	Coteaux algérois	2,60	0,26	1,29

Pendant longtemps, et à la suite des travaux de Lagatu et Maume (1924) et de leurs successeurs puis de l'exploitation pratique de Lévy *et al.*, (1972). L'interprétation de l'analyse foliaire reposait sur la définition de «normes» il s'agit d'établir la teneur optimale en azote potassium et phosphore correspondant au meilleur rendement.

Après de nombreuses années d'observations à partir de parcelles expérimentales et d'enquêtes sur cas concrets pour des vignes de grande production dans le Midi de la France les chiffres classiques retenus comme optimum étaient les suivants (Delas, 1990) :

N : 2,5 % M.S. P : 0,22 % M.S K : 1,2 % M.S

Loué, (1977) a proposé des seuils de nutrition minérale de la vigne se rapprochant à ceux obtenus par Delas, (1990) (Tableau 8).

Tableau 8 : Normes des teneurs foliaires en pour cent de matière sèche (Loue ,1977).

	% N M.S	% P MS	%K M.S	% Mg M.S
Très mauvaise	1,50-1,70	0,12-0,13	<0,80	0,20
Passable	1,71-2,10	0,14-0,17	0,81-1,10	
Assez bonne à bonne	2,11-2,50	0,18-0,21	1,11-1,48	0,20-0,50
Très bonne	2,51	>0,22	>1,40	>0,50

Les plages de variation des teneurs minérales du diagnostic foliaire et pétiole ont été adoptées par différents auteurs (Loue, 1990 ; Spring *et al.*, 2003). Tableaux 9, 10, 11.

Tableau 9 : Limites de variations des teneurs en N, P, K, Ca, Mg, des limbes et des pétioles à la véraison par Loué (1990).

	Limbes (% M.S)	Pétioles (% M.S)
N	1,48-2,54	0,31-1,00
P	0,07-0,32	0,07-0,71
K	0,40-2,36	0,36-6,91
Ca	0,86-3,95	0,84-5,05
Mg	0,10-0,79	0,22-2,59

	L'azote (% M.S)			Phosphore (% M.S)		
	T.F	Bon	T.E	T.F	Bon	T.E
1	<1.74	1.93-2.31	>2.5	<0.147	0.165-0.203	>0.221
2	<1.93	2.08-2.38	>2.53	<0.176	0.195-0.233	>0.252
3	<1.74	1.93-2.31	>2.50	<0.178	0.209-0.272	>0.304
4	<1.85	1.98-2.24	>2.37	<0.125	0.142-0.176	>0.197

Tableau 10 :Plages de référence pour le diagnostic foliaire au stade début véraison (Azote et phosphore en % M.S) Spring *et al.*, (2003).

1 : Chasselas. 2 : Pinot noir. 3 : Gamay. 4 : Merlot.

	Potassium			Calcium			Magnesium		
	T.F	Bon	T.E	T.F	Bon	T.E	T.F	B	T.E
1	<1,38	1,56- 1,92	>2,1	<2,07	2,49- 3,33	>3,75	0,154	0,192- 0,270	>0,308
2	<1,45	1,59- 1,87	>2,01	<2,24	2,66- 3,51	>3,94	0,162	0,205- 0,287	>0,329
3	<1,05	1,24- 1,62	>1,82	<3,07	3,42- 4,14	>4,45	<0,145	0,209- 0,337	>0,401
4	<1,95	2,10- 2,40	>2,55	<1,47	1,64- 2,0	>2,15	<0,178	0,203- 0,244	>0,266

Tableau 11 : Plages de référence pour le diagnostic foliaire au stade début véraison (Potassium, calcium, magnésium en % M.S) Spring et al., (2003)

1 : Chasselas. 2 : Pinot noir. 3 : Gamay. 4 : Merlot.

4-3- Le diagnostic pétiolaire

Plusieurs auteurs (Beattie et Forschey, 1954 ; Bergman, 1958 ; Carles, 1965 Cumming's, 1977 ; Christensen *et al.*, 1991 ; Delas, 1968 ; Loué, 1968 ; Peuke, 2000) ont adopté le diagnostic pétiolaire pour l'appréciation de l'alimentation minérale de la vigne.

Le diagnostic pétiolaire s'avère très intéressant pour apprécier la teneur en potassium de la vigne (Davenport *et al.*, 2003).

Delas, (1990) a établi des normes d'interprétation pour le diagnostic pétiolaire dans le vignoble Bordelais. Des teneurs en azote supérieures à 0,6 % M.S correspondent à une nutrition azotée normale. Des teneurs en phosphore supérieures à 0,15 % M.S représentent une nutrition phosphatée normale.

Les rapports K/Mg inférieurs à 1 concernent une carence potassique. Les rapports K/Mg supérieurs à 10 caractérisent une carence magnésienne. Les rapports K/Mg compris entre 3 et 7 concernent les vignes présentant une nutrition normale en potassium et magnésium (Delas, 1990).

Par ailleurs, Cahoon (1985) présente des normes du diagnostic pétiolaire. Une différence de l'absorption des cations est très nette selon les cépages et espèces de vignes (Tableau 12).

Tableau 12 : Normes de référence de l'analyse pétiolaire de certaines variétés de vignes (Cahoon, 1985)

Evaluation de l'état nutritionnel du vignoble de table

Espèces ou variétés	Echantillons	Date de prélèvement	% N M.S	% P M.S	% K M.S	% Mg M.S	% Ca M.S
Concord	Pétiole	Juillet - Août	0,82	0,20	2,01	0,44	1,75
Concord	Pétiole	Août - Sept.	0,77	0,14	2,0	0,15	0,7
L-FH	Pétiole	Juillet	0,89-1,38	0,12-0,4	1,05-5,3	0,17-0,56	1,18-2,06
L-FH	Pétiole	Maturité	5,2-11,1	1,1-6,4	1,2-4,1	2,2-5,3	0,72-1,69
V	Pétiole	Juillet – Août	0,9-1,3	0,16-0,3	1,5-2,5	0,26-0,4	1,0-1,8
V	Pétiole	Floraison		>0,12	0,8-1,5	>0,3	
V	Pétiole	Maturité	2,12-2,46	0,17-0,19	1,63-1,89	0,22-0,26	2,38-2,76
L-FH	Pétiole	Août- Sept.	0,7-0,89		1,6-2,1	0,9-1,49	1,5-2,5

L = *Vitis labrusca*. V = *Vitis vinifera*. FH = Hybrides français. Concord = *Vitis labrusca*

Partie III : Le vignoble étudié

1- Caractéristiques des zones étudiées

L'éventail des situations propices à la culture du Dattier de Beyrouth en grande Kabylie est importante (Toumi, 1997).

Il faudrait tenir compte des situations de plateau, haut ou bas de pente, du type de sol du porte greffe et de l'âge de la vigne, ainsi que des fumures pratiquées pour prétendre à une représentation satisfaisante de chaque type de cas dont la fréquence dans ce vignoble reste inconnue et à définir (Toumi, 1988).

Il en résulte que notre échantillon de vignes, bien qu'elles soient toutes en production ne peut se conformer à une technique de sondage et prétendre représenter l'intégralité des cas possibles.

L'objet de notre travail étant l'étude de la nutrition minérale du vignoble dans les différentes situations et implantation des vignes.

D'après Garcia *et al.* (1984), il est indispensable de mettre en place de parcelles de références, représentatives de l'ensemble du vignoble afin d'évaluer la réponse agronomique des sols, c'est-à-dire les différentes composantes qui vont agir sur la physiologie de la vigne et par conséquent qui vont conditionner les constituants du raisin.

1-1- Situation géographique

Les échantillons foliaires et des sols ont été prélevés à l'intérieur de chaque parcelle d'un hectare et représentant l'ensemble de base de 29 parcelles de vignes (annexe 31) localisées dans les zones de Bordj-Ménaïel et de Tizi-Ouzou (figure 11).

Le choix est basé sur la carte des potentialités viticoles de la Grande Kabylie (Cf. carte des potentialités viticoles, figure 6) et de l'enquête menée par Toumi, (1997).

Nous avons défini comme constante l'assemblage Dattier de Beyrouth greffé sur le 41B qui est un porte-greffe résistant au calcaire.

Les parcelles retenues sont en pleine production, âgées d'une vingtaine d'années, avec une densité de 2500 pieds par hectare.

Les vignes sont palissées à trois fils, la taille pratiquée étant le cordon de Royat, deux parcelles, sont conduites en pergola (vignes hautes).

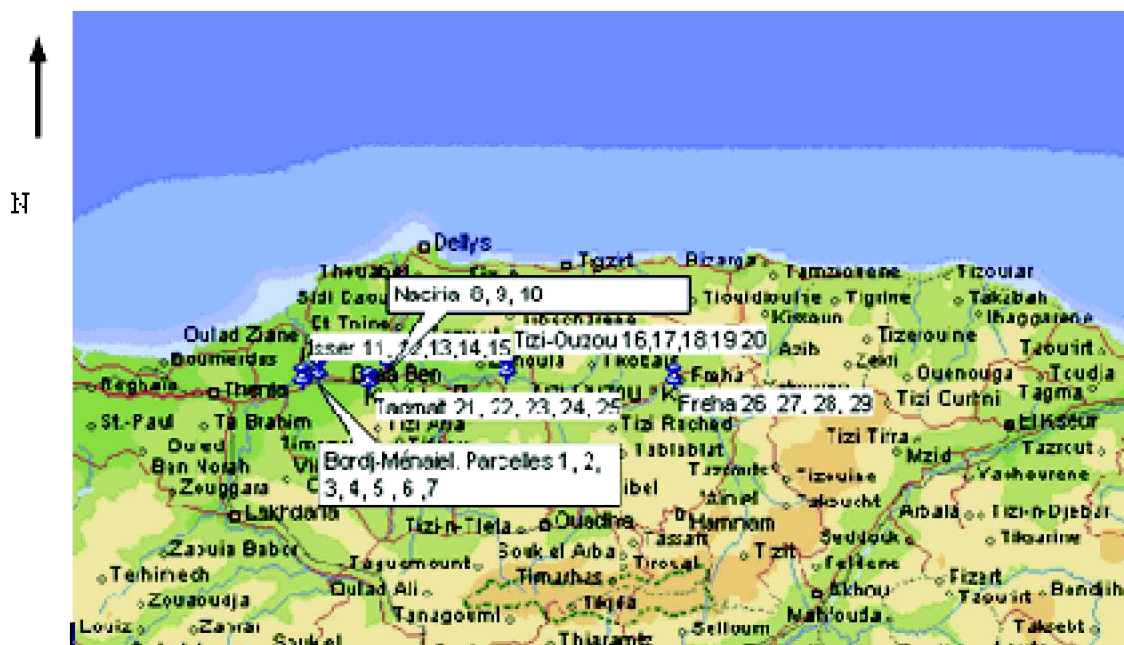


Figure 11: Localisation des parcelles étudiées (Atlas Encarta 2000. Echelle 1/200 000)

1-1-1- Le vignoble de la zone de Bordj-Ménaïel

La zone de Bordj-Ménaïel est située sur les reliefs littoraux distants de 35 km vers l'ouest du chef lieu de Tizi-Ouzou et de 65 km à l'Est d'Alger. Elle est limitée administrativement au sud par la commune de Timzrit, à l'est par la commune de Naciria, à l'ouest par la commune d'Isser et au nord par la commune de Cap Djinet. La superficie agricole totale de la commune est de 9750 ha, dont 2514 ha pour la S.A.U. L'agriculture de cette région est caractérisée par les cultures fourragères, la céréaliculture, le maraîchage, la viticulture et l'arboriculture fruitière. La viticulture occupe une place importante dans cette zone avec 31,1% de la S.A.U. Le Dattier de Beyrouth occupe la première place avec une superficie de 1037,57 ha et une production de 77 q/ha. Alors que la seconde place est occupée par

le Cardinal avec une superficie totale de 170,00 ha et une production de 1102,15 q/ha (Direction des Services de l'Agriculture de Bordj-Ménaïel). La variété Dattier de Beyrouth représente 73 % des superficies avec 85 % de la production totale. (tableau 13).

1-1-2- Le vignoble de la zone de Tizi-Ouzou

La région de Tizi-ouzou est située à 100 km à l'Est d'Alger avec 150 m d'altitude distante de 40 km de la mer, notre choix a porté sur trois localités de cette Wilaya (Freha Boukhalifa, Tadmait).

La superficie agricole totale utile de la Wilaya de Tizi-Ouzou est de 93 830 ha, dont 88 830 ha en sec et 5000 ha en irrigué. La vigne occupe une superficie de 1125 ha pour une production de 44 051,75 quintaux et un rendement de 49,19 q/ha. Les cépages rencontrés dans cette région sont : le Dattier de Beyrouth, Muscat d'Alexandrie, le Cardinal, la Sultanine l'Italia. Ils sont greffés sur le 41B et le 99 R. (tableau 14). Le Dattier de Beyrouth occupe la première place avec une superficie de 482,80 ha.

Tableau 13 : Bilan viticole de la commune de Bordj-Ménaïel (Campagne 93-94)

Variétés	Superficie totale (ha)	Superficie de jeunes plantations (ha)	Superficie en rapport (ha)	Rendement q/ ha	Production (q)
Cardinal	170,10	48,50	119,65	92,40	11055,66
Gros noir	170,10	48,50	3,00	80,00	240,00
Dattier de B.	1037,57	76,00	955,00	77,00	73535,00
Muscat	4,50	-	4,50	90,00	405,00
Chasselas	6,50	-	6,50	70,00	455,00
Siebel	9,00	5,00	4,00	4,00	16,00
Italia	9,50	-	9,50	70,00	665,00
Racinés	8,00	8,00	-	-	0,00
Total	1415,27	186,00	1102,15	-	86371,66

Source : Délégation Agricole de la Commune de Bordj-Ménaïel.

Tableau 14 : Bilan de production viticole de la région de Tizi-Ouzou (Campagne 94/95)

Evaluation de l'état nutritionnel du vignoble de table

Variétés	Superficie totale (ha)	Superficie en rapport (ha)	Rendement q/ha	Production q/ha
Dattier de Beyrouth	482,80	350,50	75,00	26 287,50
Ahmer bou amar	33,50	30,75	65,00	1 998,75
Alphonse Lavallée	82,50	75,50	60,00	4 530,00
Cardinal	146,00	136,50	75,00	10 237,50
Muscat	67,25	60,50	75,00	4 537,50
Sultanine	0,75	0,75	140,00	105,00
Valensi	0,50	0,50	140,00	70,00
Cinsaut	1,00	1,00	20,00	20,00
Mélange	248,70	220,25	20,00	4 405,00
Siebel	9,00	9,00	100,00	900,00
Total	1 072,00	885,25	60,00	53 115,00

Source : DSA de Tizi-Ouzou

1-2- Cadre structural des zones étudiées

Notre choix a porté sur la Grande Kabylie qui couvre une superficie de 3500 km² incluant les terres réservées à l'agriculture et aux forêts, faisant partie des chaînes nord atlasiques kabyles plus précisément dans le tell septentrional qui présente une structure particulièrement complexe et diversifiée. Méditerranée

L'existence dans cette zone de chevauchements et de charriage a rendu l'étude de la structure difficile à appréhender (Durand-Delga, 1980 ; Durand-Delga et Fontboté, 1980) (figure 12).

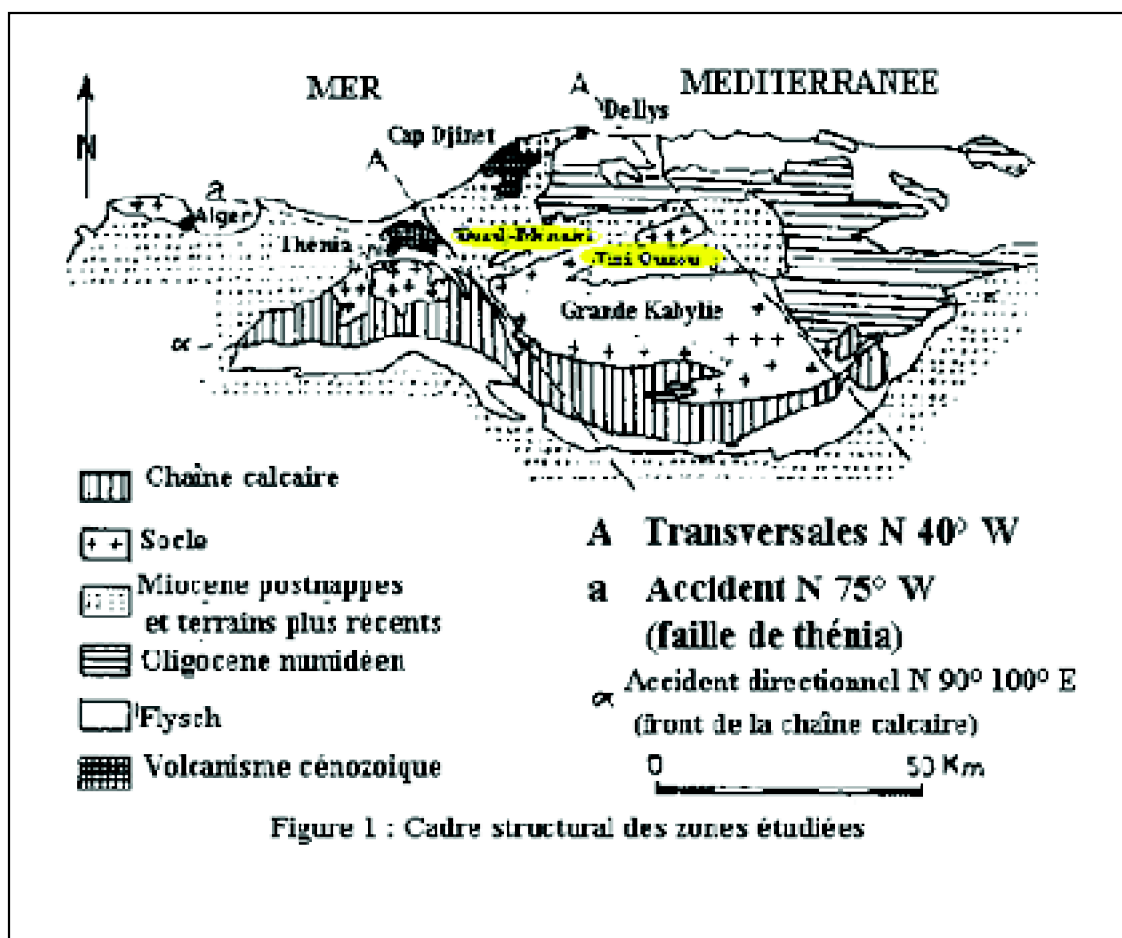


Figure 12 : Cadre structural des zones étudiées.

Les différentes formations sédimentaires ont subi des déformations tectoniques importantes dues aux mouvements orogéniques alpins de la fin de l'ère tertiaire, et du début du quaternaire (Kotanski *et al.*, 2004). La description pétrographique de la Grande Kabylie correspond aux coupes faites entre Bouira et Dellys (en passant par Tizi-Ouzou et l'Oued Sebaou) d'une part (figure 13) ; Ain Bessam – Cap Djinet (en passant par Bordj-Ménaïel et Oued Isser) correspondant au domaine Alboran d'autre part (figure 14).

Ces coupes montrent deux ensembles différents avec des accidents majeurs (accident frontal kabyle) qui passe par Thénia et sépare le domaine interne kabyle (socle ancien Kabyle), une dorsale calcaire en discordance avec des sédiments récents (tertiaire et quaternaire). Le second domaine correspond au tell externe représenté par des sédiments crétacés (crétacé interne - Ci, crétacé moyen Cm, crétacé supérieur Cs) fortement plissés en discordance avec des sédiments récents. La vigne est plantée dans les zones présentant des formations sédimentaires récentes (tertiaire et quaternaire).

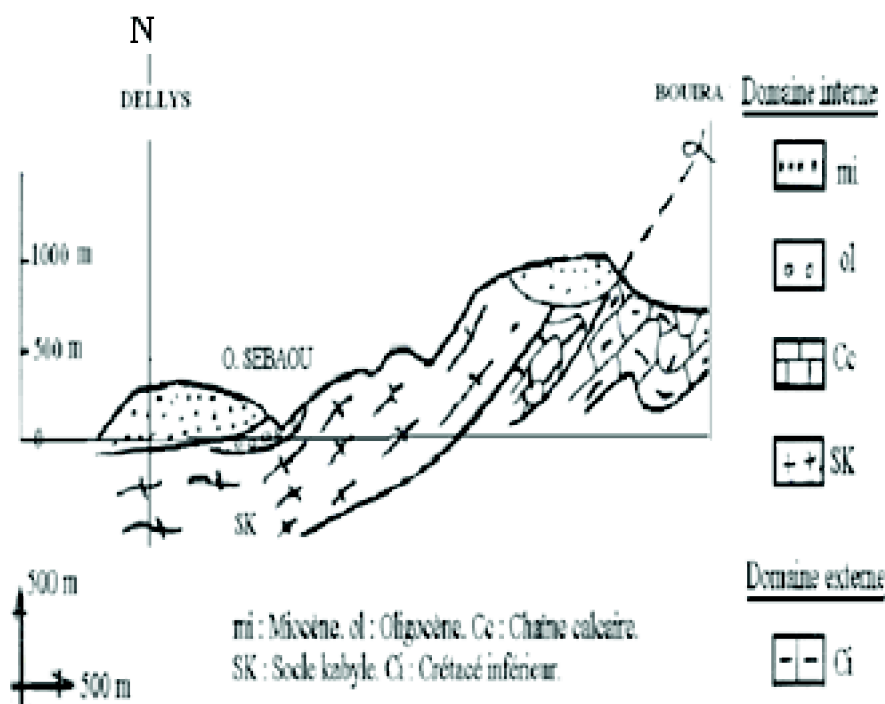


Figure 13 : Coupe lithologique entre Dellys et Bouira.

(Issue de la carte géologique au 1/200 000 de l'Algérie, Thiebaut, 1951).

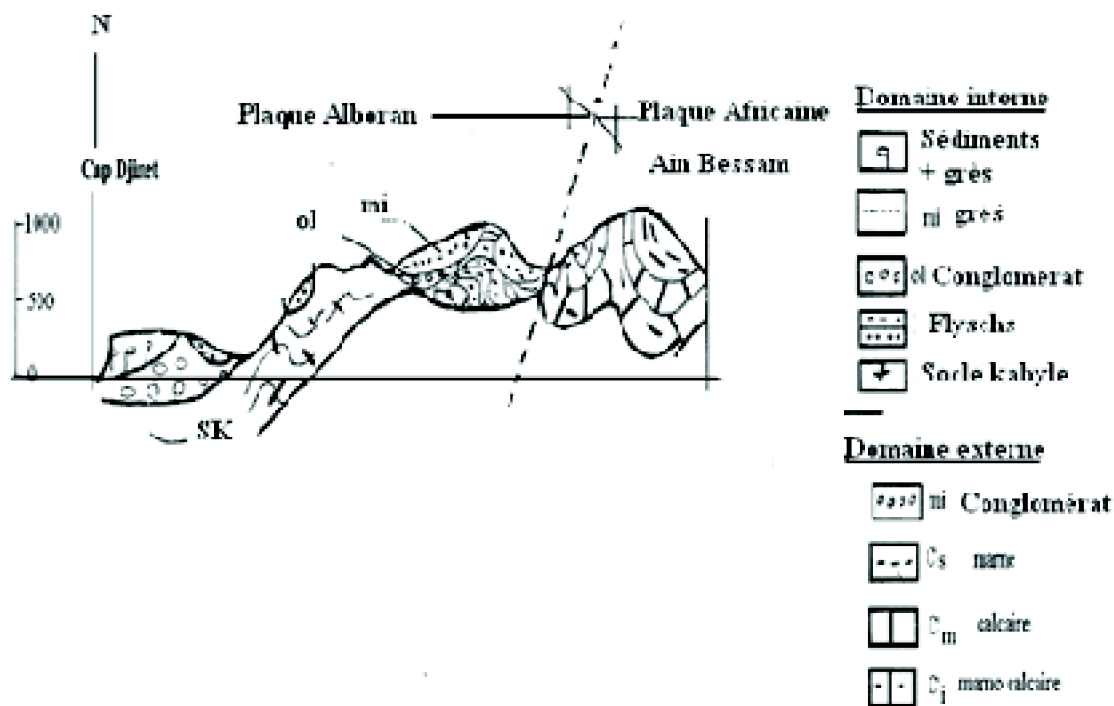


Figure 14 : Coupe lithologique entre Cap Djinet et Ain Bessam.

(Issue de la carte géologique au 1/200 000 de l'Algérie, Thiebaut, 1951).

2- Le climat viticole des zones étudiées

Introduction

Présenter la climatologie de la zone des plaines et montagnes de la grande Kabylie et situer les stations étudiées par rapport au contexte climatique général est une nécessité pour caractériser les bioclimats des vignes. Le climat est l'un des facteurs du milieu agissant directement sur le cycle végétatif et reproducteur du Dattier de Beyrouth. Dans les zones étudiées, ce cycle s'étend de la mi-mars à la mi-septembre dans la zone de Bordj-Ménaiel, et de fin mars à fin septembre dans la zone de Tizi-Ouzou. Il agit sur la néoformation des inflorescences et la formation des grappes. Son action sur la qualité du raisin est importante (Ribereau-Gayon et Peynaud, 1980). Les zones étudiées sont caractérisées sur le plan climatique à partir de séries de données météorologiques fournies par les différentes stations. Les données de 1913 à 1938 ont été obtenues à partir du recueil météorologique de Seltzer (1946), celles de 1956 à 1995 sont fournies par les postes météorologiques situés dans la région. Cette étude bioclimatique détermine dans quels étages climatiques se développent les formations végétales à *Olivier Lentisque* dans la zone Kabyle (correspondant à la limite d'implantation du vignoble, altitude d'environ 600 m). Elle présente aussi les possibles fluctuations climatiques constatées entre le début et la fin du siècle dernier (tableaux 15, 16).

L'étude est axée sur une comparaison des conditions climatiques récentes et anciennes. Elle comprend l'examen des régimes pluviométriques, les amplitudes thermiques, l'indice de continentalité, et enfin une synthèse bioclimatique. L'origine des pluies intéressant les zones de la grande Kabylie est d'une part, les pluies dues aux vents humides nord durant la saison froide, dont l'influence diminue au fur et à mesure que l'on s'éloigne de la mer Seltzer, (1946) d'autre part, les pluies orageuses liées aux perturbations atmosphériques engendrées par les dépressions en provenance des régions ouest.

2-1- Les précipitations

La pluie est un élément important du climat, car l'eau est nécessaire au développement de la vigne. On admet qu'il faut un minimum de 250 à 350 mm de pluie durant la période de végétation et de la maturation (du débourrement jusqu'à la récolte), mais la vigne peut subsister dans des conditions encore plus sèches.

La vigne absorbe de 200 à 1600 m³ d'eau par hectare (Galet, 1993), selon l'expansion du feuillage et la densité de plantation. Cet auteur indique qu'il faut 250 à 700 kg d'eau pour l'élaboration d'un kg de matière sèche.

Les pluies d'hiver n'exercent pas d'influence directe sur la vigne, cependant il faut considérer que les réserves d'eau accumulées dans le sol seront utiles au printemps et en

été. Les pluies de printemps ont une grande importance car elles conditionnent la vitesse de croissance, l'élongation finale des rameaux et l'importance de la surface foliaire. Les pluies d'été sont favorables à la vigne (entre 80 et 150 mm), mais un été pluvieux peut accroître le développement du mildiou. Les pluies d'automne, avant les récoltes peuvent accroître le volume des raisins et peuvent causer le développement de la pourriture grise (Galet, 1993).

Dans les zones où les précipitations sont soumises à l'influence de l'altitude. Les massifs les plus élevés reçoivent beaucoup plus de pluviométrie en piémont nord du socle kabyle que sur les plaines.

L'examen des régimes de précipitations annuels dans la station des Issers avec les données de Seltzer, amène à noter une baisse de 837 mm à 588 mm entre la moyenne de 1913-1938 et 1990-1995 (tableau 15).

Tableau 15 : Régime des précipitations annuelles et mensuelles (Station Isser)

P(mm)	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
1913/ 1938	132,00	100,00	89,00	61,00	43,00	20,00	2,00	4,00	34,00	71,00	127,00	154,00	837,00
1952/ 1966	89,02	67,02	78,10	79,82	32,80	25,79	0,32	3,32	22,51	93,89	89,48	102,14	684,21
1982/ 1984	88,03	54,43	69,69	24,23	20,23	28,63	21,90	8,26	53,00	16,83	113,40	49,46	548,09
1990/ 1995	82,30	58,50	62,10	61,60	39,10	9,96	7,20	7,60	24,30	94,10	60,00	81,80	588,56

La station de Tizi-Ouzou présente des moyennes annuelles différentes que celles des Issers pour une période de 05 années 1989 -1994 en comparaison avec la période des données de Seltzer (tableau 16).

Tableau 16: Régime des précipitations annuelles et mensuelles (Station Tizi-Ouzou)

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
1913/1938	152,00	100,00	95,00	59,00	49,00	19,00	1,00	6,00	37,00	75,00	127,00	173,00	893,00
1989/1994	98,58	67,32	49,68	98,24	48,90	11,80	6,30	11,23	41,33	75,55	62,30	117,91	689,14

La variabilité inter annuelle est relativement plus importante pour la station des Issers que pour Tizi-Ouzou. Cette dernière bénéficie une part importante des précipitations d'origine orographique. Les régimes pluviométriques mensuels se distinguent par deux maximas- pluviométriques dans la station des Issers, le premier en Janvier (132 mm pour la période 1913/1938 et 82,30 mm pour la période 1990/1995), le deuxième en mars (89 mm pour la période et 62,10 mm pour la seconde.

Les pluies sont localisées et souvent violentes, et la majeure partie de la pluie tombe sous forme d'averse.

2-2- Les températures

L'analyse des écarts thermiques dans la zone d'étude met en relief des températures assez élevées durant l'été. Les températures moyennes mensuelles maximales sont de l'ordre de 16,59° enregistrées en février et atteignent 37,46°C au mois d'août pour la moyenne 1952-1966 (tableaux 17 et 18).

Tableau 17 : Températures moyennes mensuelles de la région de Bordj Menaïel période (1952-1966)

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moyenne
M	18,1	16,59	20,76	24,5	29,85	28,53	36,74	37,46	34,09	28,1	23,32	19,09	26,67
m	6,17	5,66	7,28	8,3	11,52	15,03	18,18	17,08	16,09	12,2	10	7,27	11,28
M+m	12,13	12,62	14,02	16,40	20,68	21,7	27,46	27,57	25,09	20,1	16,66	13,18	18,98

Source : Station I.T.C.M.I Isser ville

Tableau 18 : Températures moyennes mensuelles de la région de Bordj Menaïel période (1982-1984) et (1990-1991)

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Température moy (82-84)	10,73	10,88	12,9	15,24	17,86	23,18	26,96	25,47	24,07	19,37	16,2	11,97
Température Moy (90-91)	10,9	9,9	14,6	14	13,8	21,2	24,3	27,8	29,1	20,9	15,3	12,4

Source : Station de I.T.C.M.I Isser ville

Pour la station de Tizi-Ouzou les maximas sont de l'ordre de 14° à 35,5° C pour les données de Seltzer. Concernant la période 1964 à 1991, les maximas varient entre 16,7° et 35 °C enregistrés à la station de Boukhalfa près de Tizi-ouzu (Tableau 19).

Tableau 19 : Moyennes des températures mensuelles (minimales, maximales et les moyennes) de la station de Boukhalfa (1964 - 1991)

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moyenne Annuelle
Moyenne des Minima (C°)	6	6	6,8	8,9	12,5	15,7	19,1	19,3	17,1	13,9	9,3	6,7	11,8
Moyenne des Maxima(C°)	16,7	17,7	19,4	22	26	30,8	35	34,6	33	27	21	17,2	25,0
Moyenne Mensuelle (C°)	11,3	11,8	13,1	15,4	19,2	23,2	27	26,9	25	20,8	15,1	11,9	18,4

Source: O.N.M. de Tizi-Ouzou.

En hiver, les températures minimales mensuelles de la région connaissent des valeurs relativement basses.

Ces valeurs oscillent entre 5,66° et 18,18° pour la station des Issers et varient entre 5,4 à 19,9 °C pour la station de Tizi-Ouzou pour les données de Seltzer et de 6 à 19,3°C pour la période de 1964 à 1991(tableaux 20 et 21).

Tableau 20 : Températures moyennes mensuelles sur 25 ans de la région de Tizi-Ouzou (Seltzer, 1946).

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Minima	5,4	6,2	7,5	9,4	12,6	15,8	19,1	19,9	17,8	13,4	9,5	6,4
Maxima	14	16,1	18,5	21,0	25,2	30,2	35,2	35,5	32,2	25,6	19,1	14,6
Moyenne	9,7	11,2	13	15,2	18,9	23	27,2	27,7	25,0	19,5	14,3	10,5

Tableau 21 : Températures moyennes mensuelles de la station de Tizi-Ouzou (1989 - 1994)

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Température Moyenne (1989-1994)	10,9	9,9	14,6	14	13,8	21,2	24,3	27,8	29,1	20,9	15,3	12,4

Source: O.N.M. de Tizi-Ouzou.

2-3- Amplitude thermique moyenne, indice de continentalité

La classification thermique des climats proposée par Debrach, (1953) est fondée sur l'amplitude M-m :

- climat insulaire : $M-m < 15\text{ °C}$,
- climat littoral : $15\text{ °C} < M-m < 25\text{ °C}$,
- climat semi-continental : $25\text{ °C} < M-m < 35\text{ °C}$,
- climat continental : $35\text{ °C} < M-m$.

Partant de cette classification, la région d'étude présente un climat littoral.

2-4- Les vents

On ne peut apprécier directement le facteur des vents faute de données précises. Devant une pareille lacune, il nous paraît raisonnable en première approximation de nous limiter à des constatations et à des observations décrites par Seltzer (1946), pouvant expliquer certains faits.

Les vents qui soufflent sur la zone ont selon leur direction diverses origines.

2-4-1- Les vents du Nord

En hiver, ces vents humides et froids pénètrent la zone d'étude par le nord ; ils favorisent les chutes de neige à plus de 1 400 mètres d'altitude (Djurdjura). De mars-avril à octobre, ces vents sont humides par suite de leur passage sur la mer.

2-4-2- Les vents d'Ouest

Ce sont les vents qui soufflent du sud-ouest au nord-ouest. Ils sont fréquents pendant les mois de novembre à février.

2-4-3- Les vents du Sud

Les vents du Sud sont secs et chauds. Ils soufflent surtout au printemps et en automne, quelquefois en été, ramènent avec eux une quantité appréciable de sable et de limon. Seltzer (1946) précise effectivement que les vents forts augmentent l'évaporation tout en éliminant l'humidité.

2-4-4- Les vents de l'est

Ils sont fréquents au printemps, pouvant causer la coulure des fleurs de la vigne.

2-5- Les gelées

Elles sont conditionnées par l'altitude, l'humidité de l'air et le relief. Les gelées d'hiver n'ont pas d'influence sur la vigne, par contre les gelées de printemps sont parfois redoutables et causent des dégâts jusqu'à la première décade de mai, surtout dans les bas fonds (tableaux 22 et 23).

L'apparition de gelées dans la wilaya de Tizi-Ouzou est influencée par les effets combinés de la position topographique, de l'altitude et de l'éloignement de la mer, et ce particulièrement en hiver avec un maximum au mois de Janvier.

Tableau 22 : Nombre de jours de gelées et de grêle pour la région de Bordj-Menaïel

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	moy.an.
Gelées	2,4	0,5	0,1	0,0	0	0	0	0	0	0	0	0,7	3,7
Grêle	0,9	0,9	0,8	0,3	0,0	0,1	0	0	0	0	0,2	0,5	3,7

Source : Seltzer : période 1915- 1937

Tableau 23 : Nombre moyen de jours de gelées dans la région de Tizi-Ouzou.

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
Gelées	1,0	0,5	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,4	2,2

Source : Seltzer, (1946)

2-6- La grêle

C'est un phénomène climatique très localisé avec un nombre de jours de 3,7 en moyenne annuelle. Elle s'observe presque exclusivement en hiver.

Par son action mécanique, la grêle cause d'énormes dégâts à la végétation et même pour les grappes (tableau 24).

Tableau 24 : Nombre de jours de grêle par mois dans la région de Tizi-Ouzou

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
Grêle	1,9	1,7	1,2	0,9	0,2	0,1	0,0	0,1	0,2	0,1	0,4	1,5	8,3

Source Seltzer, (1946)

2-7- Diagrammes ombrothermiques

Le diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausson, (1955) permet de comparer l'évolution des valeurs des températures et des précipitations.

Les courbes des diagrammes ombrothermiques précisent que l'été est sec et chaud avec des variations selon les stations.

Un mois est considéré comme sec lorsque la courbe des températures (T) est supérieure à celles des précipitations (P), et $P \leq 2T$. Nous avons établi les diagrammes ombrothermiques pour 02 stations (figures 15, 16).

Les stations sont caractérisées par une saison sèche qui s'étend sur 5 mois.

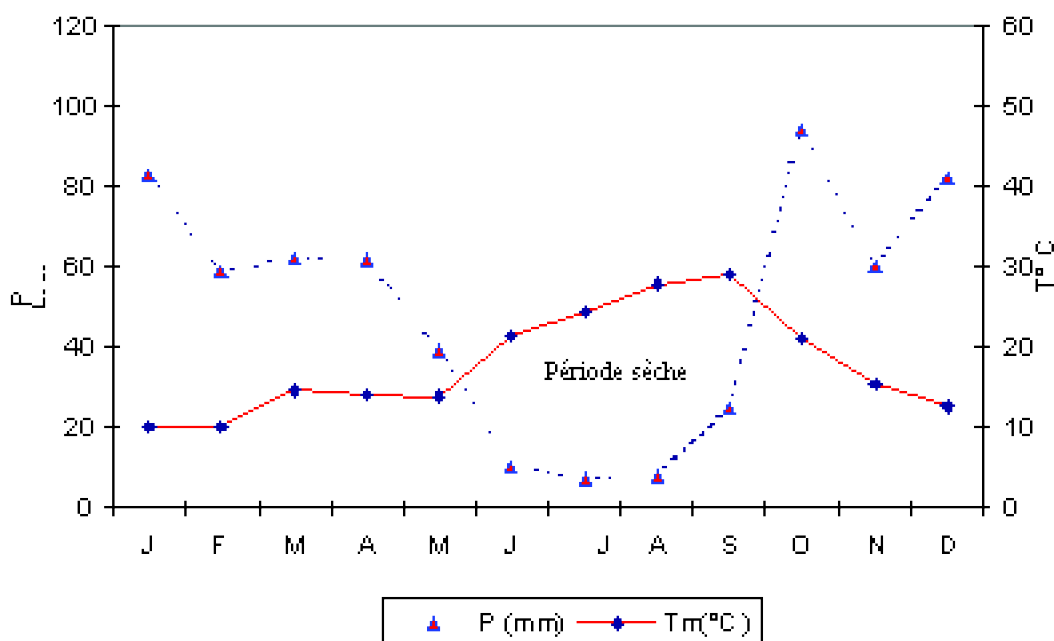


Figure 15: Diagramme ombrothermique de la région de Bordj-Ménaiel (Période 90/95).

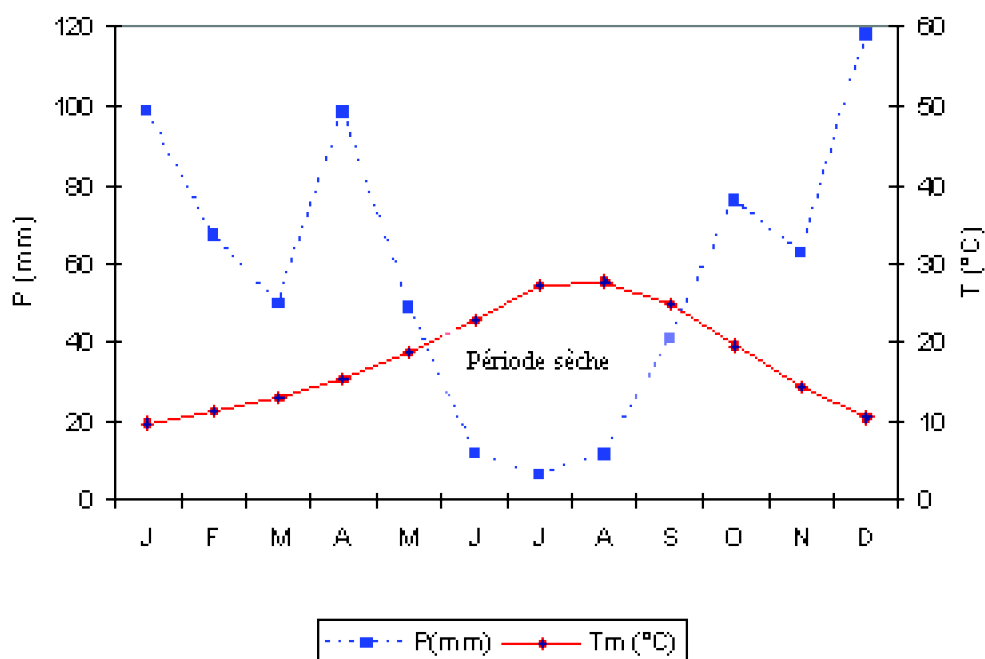


Figure 16 : Diagramme ombrothermique de la station de Tizi-Ouzou (Période 89/94).

2-8- Quotient pluviothermique et étages bioclimatiques d'Emberger

Les précipitations exercent une action prépondérante pour la définition de la sécheresse globale du climat. Les limites de séparation entre les différents étages climatiques restent encore imprécises. Il est intéressant de signaler qu'il ne s'agit pas de lignes au sens géométrique du mot, mais plutôt de bandes de transition mixte (Le-Houerou, 1977).

À ce titre, Emberger (1955) a bien précisé que, sur le diagramme, les limites ont été tracées là où le changement de la végétation a été observé. Cet auteur a mis au point un zonage du bioclimat méditerranéen du plus sec vers le plus humide en combinant les données climatologiques et celles de la végétation. On distingue le plus souvent les étages bioclimatiques saharien, aride, semi-aride, sub-humide et humide. Chaque étage comprend une stratification verticale. Par exemple, l'étage bioclimatique aride est subdivisé en aride supérieur, aride moyen et aride inférieur en fonction des précipitations (Le-Houerou, 1977). Emberger (1942), a limité chacun des étages bioclimatiques en sous-étages selon la valeur de « m ». Le quotient d'Emberger est spécifique du climat méditerranéen, il est le plus fréquemment utilisé en Afrique du Nord. Ce quotient a subi plusieurs modifications par l'auteur. Le quotient (Q_2) a été retenu est formulé de la façon suivante :

$$Q_2 = [2000P / M^2 - m^2], \text{ ou } M \text{ et } m \text{ s'expriment en degré Kelvin.}$$

D'après Stewart, (1969) la valeur $(M + m)/2$ du fait de son expression en degrés Kelvin varie peu et l'assimile à une constante $k = 3,43$, d'où le quotient :

$$Q_3 = 3,43 \times [P / M - m]. \text{ } M \text{ et } m \text{ s'expriment en degré Celsius.}$$

Emberger a mentionné qu'un climat ne peut être caractérisé que si on fait la combinaison de la valeur du Q_2 avec celle de « m » (Emberger, 1955). Les valeurs du Q_2 nous ont permis de localiser nos stations météorologiques sur le climagramme d'Emberger. Les calculs du quotient (Q_2) donne les valeurs suivantes :

- Tizi-Ouzou (Q_2) = 101,09 (période de calcul 1913-1946).
- Les Issers (Q_2) = 76 pour la période de 1952 à 1966.

La projection des valeurs de Q_2 en fonction des températures du mois le plus froid (m) des deux stations montre que Tizi-Ouzou se situe sur l'étage bioclimatique sub humide supérieur à hiver tempéré, tandis que Bordj-Ménaïel se situe sur l'étage bioclimatique sub humide inférieur à hiver tempéré (figure 17).

Il ressort que la région de Bordj-ménaïel est caractérisée par un bioclimat relativement moins humide que la région de Tizi-Ouzou

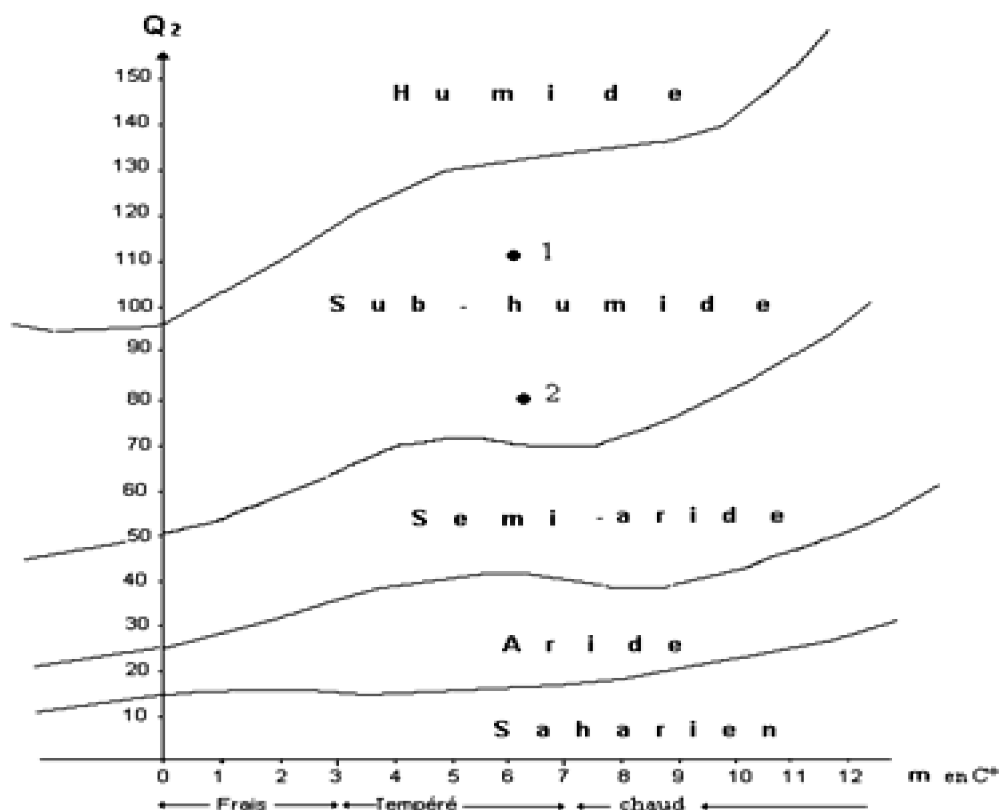


Figure 17 : Représentation des stations de Tizi-Ouzou et des Issers (Région de Bordj-Ménaïel) sur le climagramme d'Emberger. 1- Tizi-Ouzou. 2- Bordj-Ménaïel.

Conclusion

Le climat de la région est méditerranéen, caractérisé par un été très chaud et très sec et un hiver très frais et plus humide. Les pluies orageuses tombent sur les reliefs. Les hauteurs mensuelles montrent de grandes amplitudes de 0 à 900 mm. L'amplitude thermique de la région étudiée est de type littoral : $15^{\circ}\text{C} < M-m < 25$ pour Isser et Tizi-Ouzou.

La comparaison des diagrammes ombrothermiques de Bagnouls et Gausсен établis pour chacune des stations, début et fin de siècle, montre que très généralement la surface comprise entre les deux courbes est toujours beaucoup plus importante sur la période récente. Il y a donc nettement accentuation de la sécheresse.

Dans des conditions pédo-climatiques particulièrement sèches des zones étudiées, on peut avoir recours à l'irrigation avant la véraison.

Cette technique est avant tout un facteur d'augmentation du rendement. Dans certaines situations, lorsqu'elle permet d'éviter un stress hydrique sévère tout en maintenant un déficit hydrique modéré, elle peut également être un facteur de qualité (Van Leeuwen *et al.*, 2003). Le climagramme pluviométrique d'Emberger replace l'aire bioclimatique de la grande Kabylie à Olivier-Lentisque vers un bioclimat Sub-humide frais doux. Elle se trouve dans l'étage humide à hiver frais et rarement en étage sub-humide à hiver frais.

De nombreux travaux sur la climatologie et la bioclimatologie ont été réalisés sur l'Algérie en général (Emberger, 1955 ; Stewart, 1969 ; Le-Houerou, 1977). L'ensemble de ces auteurs s'accorde à reconnaître l'intégration du climat algérien au climat méditerranéen.

Dans le centre algérien et plus précisément sur les plaines et piémonts de la grande Kabylie, la saison estivale sèche et chaude dure 5 mois.

Le semestre hivernal est pluvieux et froid. La pluie et la température influent directement sur la végétation Bary-Lenger *et al.*, (1979).

La variété Dattier de Beyrouth dépend étroitement des conditions climatiques. La sécheresse estivale est nécessaire au développement du raisin.

Pendant les soixante-dix jours qui précèdent la maturité, il ne se produit pas plus de douze jours de pluie dans les zones étudiées.

L'indice d'aridité (P/T) se trouve inférieur à 20 dans les vignobles de plaines et coteaux des zones étudiées (16,23 pour Bordj-Ménaiel et 19,69 pour Tizi-Ouzou).

Les températures sont généralement supérieures à 18°C pendant la période végétative. En hiver, la température moyenne du mois le plus froid ne descend pas en dessous de -2°C dans les zones étudiées ne portant pas un préjudice pour les vignobles. La chaleur excessive des zones de Bordj-Ménaiel, Issers, Naciria, Tizi-Ouzou et Freha permettent de produire des raisins riches en sucres. Les températures modérées du littoral des zones étudiées (Cap Djinet Dellys, Azzefoun), le raisin garde une part d'acidité et mûrit tardivement.

La partie suivante traitera l'alimentation minérale du vignoble étudié.

Partie IV : Alimentation minérale du vignoble étudié

1- Etude des sols

L'étude des sols a porté sur les 29 parcelles de l'enquête de 1992. Les prélèvements ont été réalisés au stade véraison de la vigne à trois niveaux de profondeur (0-20, 20-40, 40-60). Un échantillon de sol par parcelle et par couche a été prélevé. Cet échantillon est constitué de trois prélèvements de sol en trois endroits différents de la délimitation des prélèvements foliaires. (Les méthodes d'analyses physico-chimiques des sols figurent en annexe 1). Les analyses physico-chimiques ont été réalisées à l'INRA de Baraki (Alger) et au laboratoire des sciences du sol Institut National Agronomique d'El Harrach et vérification de certains résultats au laboratoire de pédologie de l'E.N.S.A Toulouse (France). Les résultats représentés en annexes (2, 3, 4, 5). On les a utilisés en premier temps, conjointement aux observations faites sur le prélèvement réalisé à la tarière, pour représenter et classer les parcelles les unes par rapport aux autres, en fonction de leur type de sol. Les normes d'interprétation des caractéristiques physico-chimiques du sol utilisées, sont présentées en annexes de 6 à 11. Les sols rencontrés sont classés en quatre types de sols (tableau 25).

1: Argileux. 2 : Argilo- limoneux. 3 : Limoneux argileux. 4 : Sablo-limoneux.

Le tableau 25, représente le regroupement effectué pour permettre la distinction de l'influence des quatre types de sol sur l'alimentation minérale et les rendements des vignes.

Type	Numéros des parcelles		Caractères communs							
			pH _{eau}	CaCO ₃ total	N	Ca	K	Mg	P	I
1 Argileux	1,4,5,8,10,11,13,14,15,22,28	0-20	7,60	98,31	1,03	27,35	1,05	3,82	43,66	34,10
		20-40	7,67	106,25	0,98	25,58	0,80	3,87	23,54	31,10
		40-60	7,62	108,40	0,90	19,51	0,75	3,46	20,28	24,50
2 Argilo-limoneux	7,16,17,18,19,20,21,23,24,25,26,27,29	0-20	7,84	102,59	1,11	24,35	0,96	5,53	57,68	31,08
		20-40	7,51	123,27	0,90	26,29	0,71	4,44	19,50	32,10
		40-60	7,54	119,50	0,90	24,51	0,86	4,23	15,43	30,42
3 Limono argileux	3,5,9,12	0-20	7,71	69,50	1,18	26,94	0,88	3,50	52,53	32,00
		20-40	7,80	74,75	1,13	26,06	0,61	3,50	40,64	26,00
		40-60	7,76	52,53	1,10	20,16	0,55	2,25	42,39	20,00
4 Sablo-limoneux	5	0-20	7,40	114	1,10	11,89	0,86	3,00	20,98	17,00
		20-40	7,45	178	1,10	12,18	0,50	4,00	15,17	13,00
		40-60	7,90	158	1,10	10,37	0,40	2,00	15,70	14,00

Tableau 25 : Classification des 29 parcelles suivant leur type de sol

Il apparaît que les sols étudiés sont généralement très riches en magnésium, assez pauvres en potassium et phosphore. Les sols argileux sont relativement moins riches en phosphore que les sols argilo limoneux et limono- argileux. Le sol sableux présente des teneurs plus faibles en éléments nutritifs par rapport aux autres types de sols.

Le calcaire est présent dans tous les sols. Les teneurs sont plus importantes en sols argilo limoneux. La faiblesse des teneurs azotées est constatée pour tous les sols des vignobles étudiés. Le rapport K/T varie entre 1 % et 8 %.

La majorité des sols sont déficients en potassium ou non assimilable par la vigne, et le diagnostic foliaire nous a permis de mettre en évidence des carences potassiques dans certaines vignes étudiées.

L'observation des tableaux (26, 27), nous permet de constater que les sols du vignoble des zones étudiées sont saturés en Ca⁺⁺ et Mg⁺⁺.

Les ions Ca⁺⁺ et Mg⁺⁺ occupent une grande place dans le complexe adsorbant. Ces résultats confirment la non disponibilité du potassium en quantité suffisante pour la vigne, en effet ce cation occupe entre 1 à 3% (parcelles : 1, 2, 3, 4, 5, 6, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29) et de 4 à 8% (Parcelles : 7, 8, 11, 20,21).

Par ailleurs le calcium occupe entre 68 à 79% (parcelles 6, 7, 11, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 25, 26, 27, 29) et de 81 à 90 % (parcelles : 1, 2, 3, 4, 5, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 16, 23, 24, 28). Pour le magnésium, il occupe entre 4 à 9% (parcelles : 1, 2, 4, 8, 9, 16, 24) et 10 à 26% (parcelles : 3, 5, 6, 11, 12, 13, 14, 15, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 25, 26, 27, 28, 29).

Tableau 26 : Rapports Ca^{++}/T , Mg^{++}/T , K^+/T en % des sols dans la région de Bordj-Ménaïel.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Ca/T	87%	89%	84%	88%	81%	68%	73%	88%	91%	85%	79%	87%	84%	82%	85%
Mg/T	7%	6%	10%	7%	13%	22%	18	7%	4%	10%	13	11%	13%	14%	10%
K/T	3%	3%	3%	3%	3%	3%	4%	4%	3%	2%	4%	1%	1%	2%	3%

Tableau 27 : Rapports Ca^{++}/T , Mg^{++}/T , K^+/T en % des sols dans la région de Tizi-Ouzou.

	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
Ca /T	87%	77%	70%	75%	73%	73%	73%	84%	90%	79%	78%	78%	87%	75%
Mg/T	9%	20%	26%	25%	17%	19%	21%	11%	7%	19%	19%	19%	11%	19%
K/T	3%	3%	3%	3%	4%	4%	2%	2%	3%	3%	3%	3%	2%	3%

1-1- Les sols de la zone de Bordj-Ménaïel

La texture des sols de la zone de Bordj-Ménaïel présentent des taux d'argile variant entre 52 et 66 % pour les parcelles 10, 13, 8, 5, 15, 13, 4, 11 et varie de 32 à 46% pour les parcelles 9, 1, 3, 7, 14, 2. Le rapport C/N varie entre 6,74 à 9,05 pour le premier groupe. Pour le deuxième groupe ce taux varie entre 6,75 et 8,45. La parcelle 6 présente un taux d'argile de 17 % et un rapport C/N de 8,81. Les parcelles 3 et 4 sont des sols colluviaux de pente argileux avec une richesse en K apporté par la fumure. La parcelle 15 est un sol de coteau présentant une teneur normale en Mg et K (fertilité moyenne). La parcelle 10 présente un sol argileux d'accumulation riche en Mg et enrichi en matière organique en surface.

La parcelle 2 est un sol d'alluvions hétérogène (limono argileux) reposant sur des limons sableux, teneur équilibrée et moyenne pour le Ca, Mg, K. La parcelle 9 est un sol colluvial d'accumulation reposant sur des sables limoneux, moyen à faible pour le Ca et le Mg et satisfaisant pour le K. La parcelle 12 ressemble à la parcelle 2 légèrement calcaire mais présentant une teneur riche en Mg. La parcelle 6 présente un sol colluvial de pente homogène limoneux sableux calcaire riche en Ca, Mg, K, le taux de matière de matière organique et le rapport C/N sont satisfaisants. Les parcelles 13-14 sont des sols de coteaux calcaires assez pauvres en matière organique, riche en Mg et une teneur moyenne en K, ce sont des sols peu fertiles. La parcelle 5 est un sol colluvial de bas de pente peu calcaire enrichi en argile, K, Ca, Mg, avec un rapport C/N correct. La parcelle 11 présente un sol érodé pauvre, argileux pauvre en matière organique et en azote, riche en K et Mg, le sous sol limoneux permettant un développement racinaire important et qui pourrait compenser la pauvreté en matière organique. La parcelle 8 présente un sol argileux profond pauvre ne matière organique, riche en K, Ca, Mg.

1-2- Les sols de la zone de Tizi-Ouzou

La texture des sols de la zone Tizi-Ouzou présente généralement des taux d'argile supérieurs à 50% sauf pour les parcelles 26, 27, 29 qui sont inférieurs à 50 %. La parcelle 23 présente un taux de 49,5%

La matière organique varie de 15 à 20 g kg^{-1} pour neuf parcelles : 16, 17, 18, 20, 23, 24, 26, 28, et elle varie de 10,0 à 13,1 g kg^{-1} pour les parcelles 20, 19, 21. Les parcelles 25 et 27 présentent une teneur supérieure à 20,00 g kg^{-1} .

Le rapport C/N varie entre 7-8 pour les parcelles : 17, 18, 26, 21, 28 avec un taux d'azote variant entre 1,10 – 1,40 pour mille. L'équilibre Ca/Mg pour le sous sol : certains sols d'origine dolomitique, la CEC n'est pas saturée en Ca et remplacée par le Mg.

Les parcelles 18, 19, 24 ont des taux de saturation variant entre 10-20 % et un taux en Ca variant entre 70-90 %. Le groupe de sols très enrichi en Mg : 17, 18, 19, 20, 21, 22, 25, 26 27 avec un taux de saturation en CEC supérieur à 17 % dans le sous sol.

Dans le sol le taux de Mg reste supérieur à 20 % et le taux de Ca est supérieur à 70 % et atteint la saturation à la parcelle 18 et on explique cela par l'activité biologique au printemps et à l'automne qui génèrent des acides organiques, phosphoriques, sulfuriques permettant une dissolution du calcaire.

La richesse en Mg associé à des sols riches en K mais sans déséquilibre et cela représente 1.8 à 4 % de la CEC. Le groupe de sols avec un taux de saturation en Mg variant entre 10 et 20 % de la CEC sont issus de marnes dolomitiques et on les retrouve dans le sol sauf pour la parcelle 18 présentant un taux de saturation en CEC supérieur à 25 %, cet enrichissement du Mg en surface est lié à la position du sol dans une situation de bas fond.

Les parcelles 16, 17, 24, 26, 27 avec un taux de saturation en Ca de la CEC variant entre 87-90% ne sont pas saturés en présence de Mg comme pour les sols précédents.

Cet équilibre est indifférent du taux d'argile et de l'importance de la CEC, les taux d'argile varient entre 27-82 % et les CEC varient entre 23 et 38 cmol kg^{-1} de terre.

Le pourcentage de la CEC est lié au pourcentage de montmorillonite dans l'argile plus qu'à la quantité totale d'argile dans le sol (Duchauffour, 2001).

La parcelle 28 (la plus riche en argile) présente un profil pédologique de type AC avec une roche mère de marne non dolomitique et riche en magnésium.

La parcelle 27 présente un sol colluvial de pente avec un enrichissement en limons et en Mg en profondeur. L'enrichissement en matière organique suit ce colluvionnement, le taux de matière organique en surface passe de 17,5 g kg^{-1} (parcelle 28) à 27,5 g kg^{-1} (Parcelle 27).

Les parcelles 21, 22, 25 sont des sols très argileux calcaires. Ces sols sont bien pourvus en Ca et Mg sur tout le profil sans déséquilibre, les teneurs en K sont élevées sur tout le profil mais le % du K dans la CEC est normal compris entre 2 à 5% de la CEC.

2- Etat nutritionnel du Dattier de Beyrouth greffé sur 41B

L'étude de la physiologie et de la nutrition d'un cépage permet de connaître d'une part, ses besoins en éléments minéraux, et d'autre part l'incidence de la nutrition sur la qualité des raisins (Fregoni, 1985).

Dans le cas du Dattier de Beyrouth, différents travaux (Toumi, 1988, 1994, 1997) ont montré qu'il existe une alimentation potassique déficiente et des symptômes de déséquilibre entre le potassium et le magnésium dans la région de Bordj-Ménaïel, en particulier dans les sols argilo-calcaires.

En continuité à ces travaux, nous avons élargi l'aire d'échantillonnage à la zone de Tizi-Ouzou, afin d'obtenir des données nous permettant de réaliser un zonage selon les potentialités viticoles (Kechad, 1995 ; Toumi, 1997).

Nous présenterons dans cette partie, les résultats obtenus sur deux années consécutives de l'état nutritionnel de la vigne.

Dans notre étude, nous avons analysés aussi bien les limbes que les pétioles pour contrôler l'alimentation minérale du Dattier de Beyrouth greffé sur 41B.

Les prélèvements ont été faits au stade véraison. A ce stade, nous pouvons observer si la plante est capable d'assurer les besoins des baies lors de la maturation (absorption minérale de l'année en cours) (Champagnol, 1984).

La véraison a lieu pour le Dattier de Beyrouth à partir du 20 juillet dans les zones étudiées. Nous avons prélevé 30 feuilles par parcelle d'un hectare, à raison d'une feuille par souche, la feuille choisie étant celle opposée à la première grappe du premier rameau du long bois, selon la méthodologie mise en place par (Lévy, 1970 ; Loué, 1977 ; Bovay, 1960 ; Delas, 1990 ; Martin-Prevel *et al.*, 1984).

Les teneurs minérales des limbes et des pétioles sont exprimées en pourcentage de matière sèche au stade véraison.

Au cours de l'interprétation des résultats analytiques, nous situerons les teneurs minérales des vignes étudiées par rapport aux limites de variation des teneurs proposés par Loué (1990).

Nous évaluerons ensuite le niveau de nutrition des vignes par comparaison de leur teneur minérale aux normes de nutrition établies par différents auteurs (Beattie et Forschey 1954 ; Cahoon, 1985 ; Delas 1979 ; Garcia *et al.*, 1984 ; Loué 1977 ; Loué 1990 ; Fregoni 1985 ; Spring *et al.* 2003). Les méthodes d'analyses foliaires sont données en annexe 12.

Les données analytiques du végétal des zones de Bordj-Ménaïel et de Tizi-Ouzou sont données en annexes (13 à 20).

Le tableau 28 indique les principaux paramètres des résultats d'analyse pour tous les

éléments de toutes les parcelles étudiées.

		% N MS	% N MS	% P MS	% P MS	% K MS	% K MS	% Mg MS	% Mg MS	% Ca MS	% Ca MS
		Limbes	Pétioles	Limbes	Pétioles	Limbes	Pétioles	Limbes	Pétioles	Limbes	Pétioles
Effet organe											
91/92	m	1,81	0,82	0,14	0,15	0,99	1,09	0,22	0,27	1,81	1,80
	s	0,28	0,22	0,04	0,04	0,17	0,27	0,08	0,12	0,30	0,40
	r	0,27		0,06		0,51		0,55		0,15	
92/93	m	1,71	0,86	0,18	0,15	1,04	1,09	0,29	0,32	1,98	1,74
	s	0,49	0,27	0,04	0,02	0,23	0,33	0,10	0,08	0,51	0,50
	r	0,42		0,41		0,32		0,61		0,40	
Effet année											
	v	0,003	0,05	0,22	0,13	0,66	0,017	0,1	0,047	0,09	0,34

Tableau 28 : Résultats analytiques des vignes étudiées (Foliaires et pétiolaires).

m : moyenne générale en éléments % MS ; s : écart type ; r : coefficient de corrélation linéaire entre les teneurs du limbe et du pétiole.

Il ressort de cette analyse statistique, que les teneurs en éléments minéraux sont en général indépendantes. Les normes établies pour le vignoble de cuve dans les conditions de production différentes ne peuvent être appliquées directement aux zones étudiées.

Nous allons considérer la représentation graphique des teneurs minérales des pétioles en % MS en fonction des teneurs minérales en % MS des limbes. Cette représentation permet de différencier entre les parcelles bien alimentées ou déficientes en éléments minéraux fertilisants. Cette méthode a été utilisée par différents auteurs (Bertoni, 1982 ; Martin-Prevel *et al.* 1984) pour évaluer l'alimentation minérale.

2-1- L'azote

Les résultats mettent en évidence des variations importantes des teneurs en azote.

On observe un effet annuel et un effet organe analysé (Limbe ou pétiole). Le dosage de l'azote dans les limbes présente beaucoup plus de précision que dans les pétioles concernant l'alimentation minérale du Dattier de Beyrouth. Les teneurs en azote de la première campagne sont sensiblement supérieures à celles de la deuxième campagne dans les limbes. Les teneurs en azote dans les pétioles dans la deuxième campagne sont supérieures à celles de la première campagne. Ces résultats présentent des différences significatives (F calculée = 2,28 > F théorique = 0,14 au seuil de 95 %) pour la première campagne et pour la deuxième campagne (F calculée = 5,93 > F théorique = 0,021). Les teneurs en azote des limbes varient de 1,30 % MS à 2,28 % MS pour la première campagne et varient de 0,88 % MS à 2,45 % MS pour la deuxième campagne. Les teneurs en azote dans les pétioles ont varié de 0,53 % MS à 1,23 % MS pour la première campagne et de 0,53 % MS à 1,75 % MS pour la deuxième campagne. La moyenne générale des limbes est de 1,81 % MS pour la première campagne et de 1,71 % MS pour la deuxième campagne pour toutes les parcelles étudiées. Les teneurs moyennes des pétioles sont nettement inférieures aux teneurs des limbes. Elles varient de 0,82 % MS

pour la première campagne à 0,86 % MS pour la deuxième campagne. L'écart type varie de 0,28 pour les limbes (1^{ère} campagne) à 0,49 (2^{ème} campagne) et de 0,22 (1^{ère} campagne) à 0,27 pour les pétioles (2^{ème} campagne). On constate que l'écart type est plus important pour la deuxième campagne pour les deux organes analysés.

L'ensemble des parcelles présente des teneurs en azote qui se trouvent dans les limites de variation établies par Loué (1990). Les parcelles 18, 16, 19, 17, 12, 13, 15, 2, 6, 7, 25, 9, 5 29 présentent une alimentation azotée insuffisante. Les autres parcelles présentent une alimentation normale selon les normes de Loué (1990), pour la première campagne. (Figure 18)

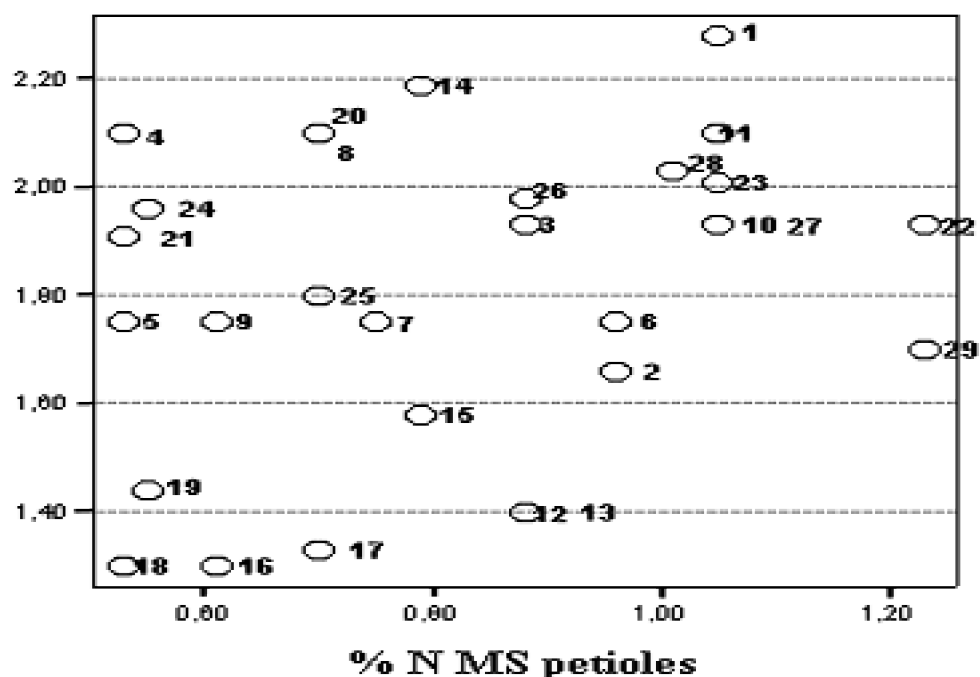


Figure 18 : Résultats analytiques de l'azote de la 1^{ère} campagne pour l'ensemble des parcelles étudiées.

Les parcelles 20, 8 sont caractérisées par une alimentation azotée très insuffisante. Les parcelles 8, 10, 24, 16, 23, 4, 19, 26, 25 12, présentent une alimentation azotée passable. Les autres parcelles sont bien alimentées en azote pour la deuxième campagne (Figure 19)

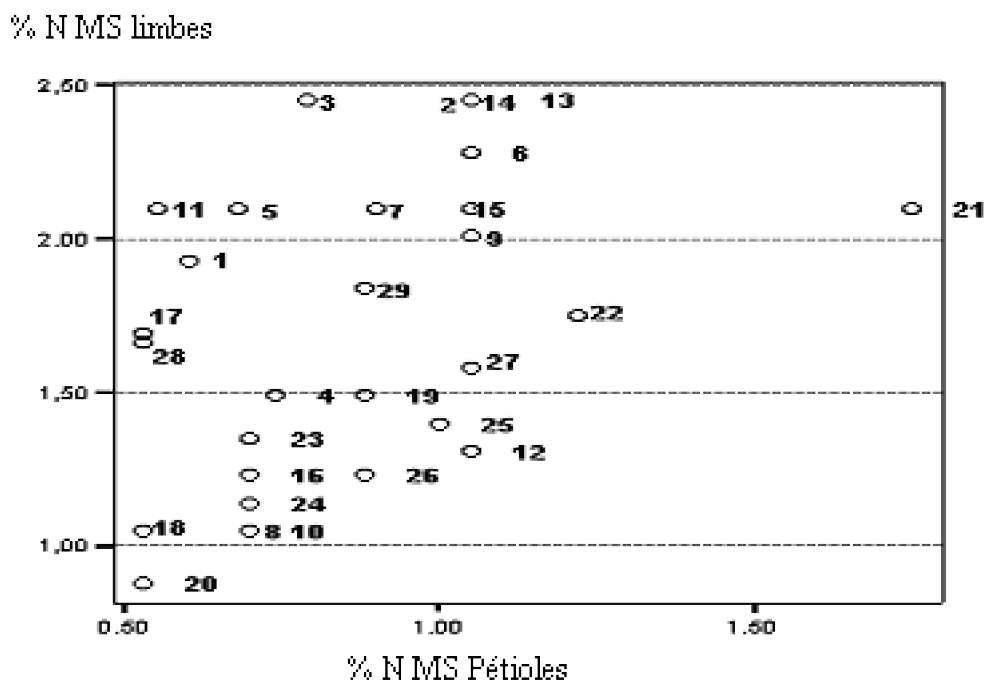


Figure 19 : Résultats analytiques de l'azote de la 2^{ème} campagne pour l'ensemble des parcelles étudiées

2-2- Le phosphore

Les teneurs pétiolaires sont sensiblement supérieures à celles des limbes. L'effet année de prélèvement est décelé nettement dans le cas du phosphore comme pour l'azote.

Les teneurs moyennes varient de 0,1 % MS à 0,21% MS pour les limbes et de 0,1 % MS à 0,26 % MS pour les pétioles pour la première campagne. Les teneurs moyennes ont varié de 0,1 à 0,25 % MS pour les limbes et 0,11 à 0,22 % MS pour la deuxième campagne.

L'écart type est de 0,04 pour les limbes et pétioles pour les deux campagnes est de 0,04 (1^{ère} campagne) à 0,03 pour les pétioles (2^{ème} campagne).

Ces résultats ne présentent pas des différences significatives (F calculée = 0,09 < F théorique = 0,75 au seuil de 95%) pour la première campagne et des différences significatives pour la deuxième campagne (F calculée = 5,55 > F théorique = 0,02).

On constate que l'écart type présente une variation nulle ou faible dénotant une distribution des données très rapprochées d'ou la difficulté d'apprécier l'alimentation minérale en phosphore du Dattier de Beyrouth par rapport à d'autres cépages.

Les teneurs en phosphore dans les limbes présentent un maximum de 0,21 % MS (parcelle 1 pour la première campagne; parcelles 10, 14 pour la deuxième campagne), qui se situent au seuil optimal établi par Fregoni (1985) qui est de l'ordre de 0,22 % de M.S dans les limbes.

Un minimum de 0,10 MS (parcelles 15, 23, 14 pour la première campagne ; parcelle

16 pour la deuxième campagne) et se situent dans un seuil de très mauvaise alimentation.

Les teneurs constatées varient selon les limites de Loue (1990). Une mauvaise alimentation phosphorique est décelée pour la première campagne pour les parcelles (2, 28, 3, 11, 13, 16, 21, 18, 20, 10, 22, 24, 25) (Figure 20). La parcelle (28) présente une mauvaise alimentation pour la deuxième campagne (Figure 21).

L'application des fumures organiques au sol améliore considérablement l'alimentation minérale phosphorique des vignes étudiées.

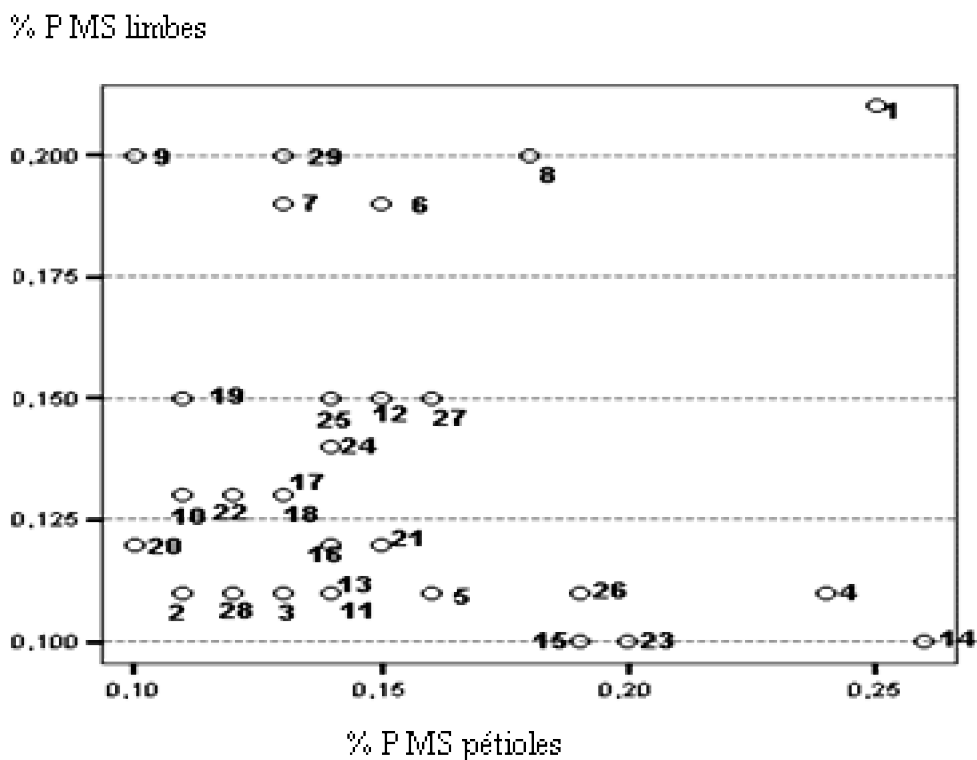


Figure 20 : Résultats analytiques du phosphore de la 1^{ère} campagne pour l'ensemble des parcelles étudiées

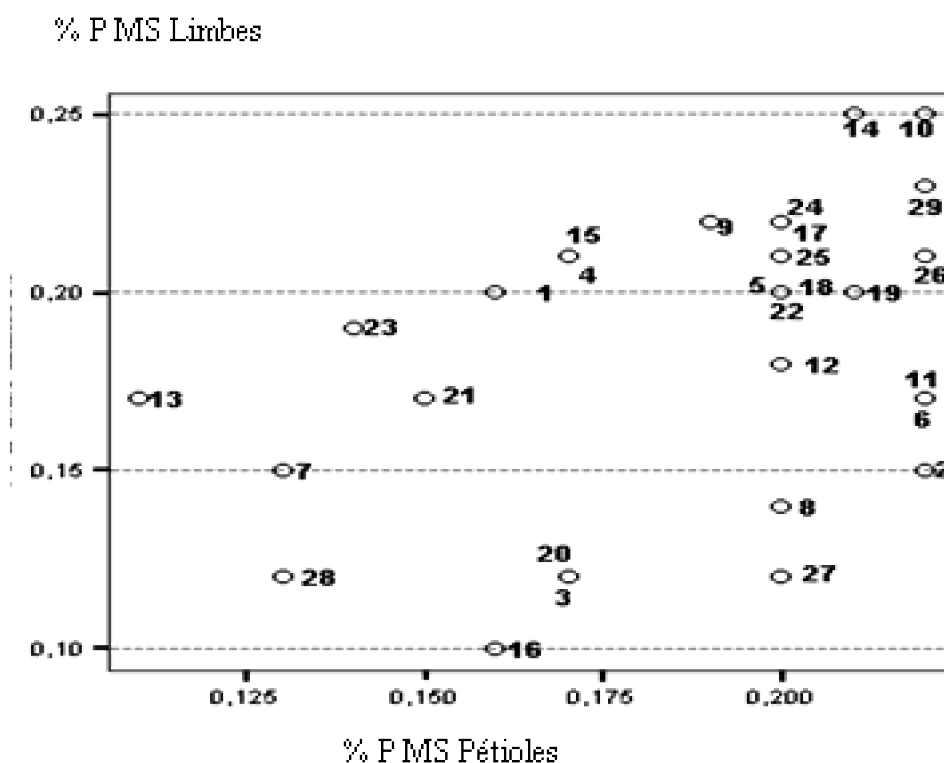


Figure 21 : Résultats analytiques du phosphore de la 2^{ème} campagne pour l'ensemble des parcelles étudiées

2-3- Le potassium

Les teneurs moyennes varient de 0,69 % MS à 1,70 % MS pour les limbes. Les teneurs moyennes dans les pétioles varient de 0,69 à 1,39 % MS pour la première campagne. Elles varient de 0,52 à 1,45 % MS dans les limbes et de 0,50 à 2,02 % MS dans les pétioles pour la deuxième campagne.

L'écart type varie de 0,17 à 0,23 pour les limbes. Il varie de 0,27 à 0,35 pour les pétioles. Le minimum des teneurs potassiques des limbes est de 0,69 % MS (1^{ère} campagne) et de 0,52 % MS (2^{ème} campagne). Leurs maximums varient de 1,70 % MS (1^{ère} campagne) à 1,45 % MS (2^{ème} campagne). Le minimum des teneurs potassiques pétiolaires est de 0,69 % MS (1^{ère} campagne) et de 0,50 % MS (2^{ème} campagne). Le maximum des teneurs potassiques pétiolaires est de 1,39 % MS (1^{ère} campagne) et de 2,02 % MS. Ces teneurs se situent dans les limites de variation de Loué (1990). Ces résultats présentent des différences hautement significatives ($F_{calculée} = 10 > F_{théorique} = 0,003$ pour la première campagne et $F_{calculée} = 3,23 > F_{théorique} = 0,023$ pour la deuxième campagne au seuil de 95%).

Cette variation importante des résultats pour les deux campagnes étudiées dénote un regroupement discriminatoire par rapport à l'alimentation potassique.

Les parcelles 23, 28, 24, 16, 18, 17, 20, 19, 26, 7, 5, 9 présentent une alimentation potassique mauvaise à passable.

Les autres parcelles sont caractérisées par une alimentation normale pour la 1^{ère} campagne (Figure 22).

% K MS Limbes

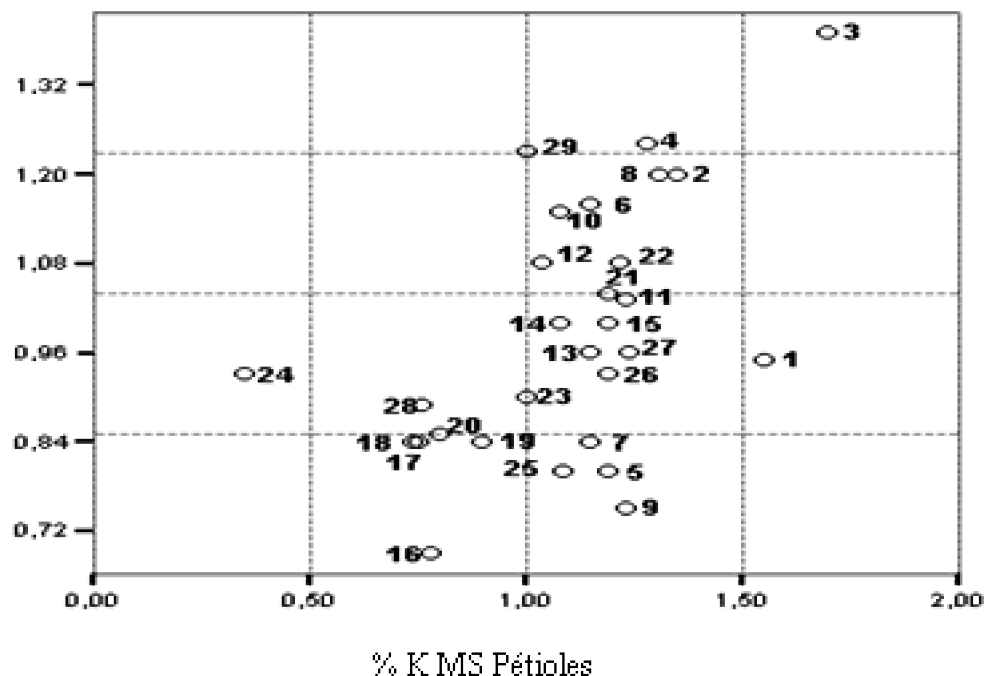


Figure 22 : Résultats analytiques du potassium de la 1^{ème} campagne pour l'ensemble des parcelles étudiées

Les parcelles 24, 20, 17, 19, 18, 16, 28, 29, 23, 12, 15 sont caractérisées par une alimentation mauvaise à passable (Figure 23) pour la deuxième campagne.

Les autres parcelles présentent une alimentation normale.

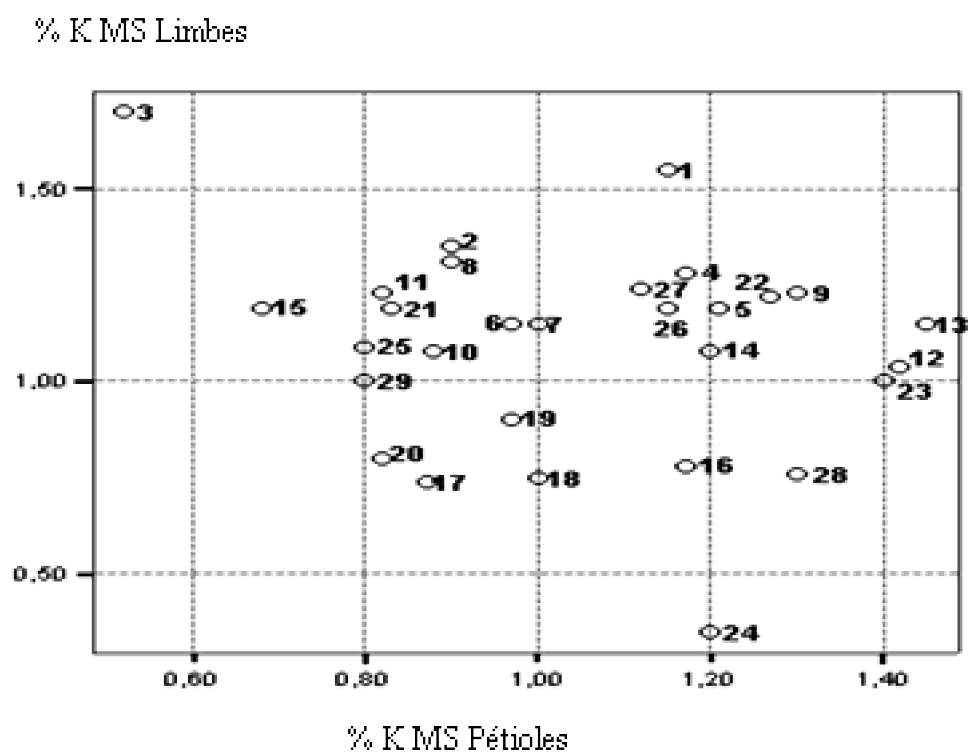


Figure 23 : Résultats analytiques du potassium de la 2^{ème} campagne pour l'ensemble des parcelles étudiées

2-4- Le magnésium

Les teneurs des limbes et pétioles sont corrélés positivement.

Le coefficient de corrélation linéaire de la première campagne est $r = 0,55$ dénotant une indépendance des données.

Le coefficient de corrélation linéaire de la deuxième campagne est $r = 0,61$ dénotant une bonne corrélation.

Les teneurs moyennes des pétioles sont supérieures à celles des limbes. Les teneurs moyennes varient de 0,22 % MS à 0,29 % MS pour les limbes.

Dans les pétioles, les teneurs moyennes varient de 0,27 à 0,32 % MS. L'écart type varie de 0,08 à 0,10 pour les limbes. Il varie de 0,12 à 0,08 pour les pétioles.

Le minimum des teneurs magnésiennes des limbes est de 0,10 % MS (1^{ère} campagne) et de 0,15 % MS (2^{ème} campagne) et leurs maximums varient de 0,38 % MS (1^{ère} campagne) à 0,58 % MS (2^{ème} campagne).

Le minimum des teneurs magnésiennes pétiolaires est de 0,11 % MS (1^{ère} campagne) et de 0,16 % MS (2^{ème} campagne). Le maximum des teneurs magnésiennes pétiolaires est de 0,56 % MS (1^{ère} campagne) et de 0,53 % MS (2^{ème} campagne). Ces teneurs se situent dans les limites de variation de Loué (1990).

Ces résultats présentent des différences significatives (F calculée = 12,22 > F

théorique = 0,001 pour la première campagne et F calculée = 16 > F théorique = 0,0003 pour la deuxième campagne au seuil de 95 %).

Comme pour le potassium, cette différence permet de regrouper les parcelles ayant une bonne ou mauvaise alimentation magnésienne.

Les parcelles 7, 29, 14, 27, 2, présentent une mauvaise alimentation. Les autres parcelles sont caractérisées par une alimentation normale pour la première campagne (Figure 24).

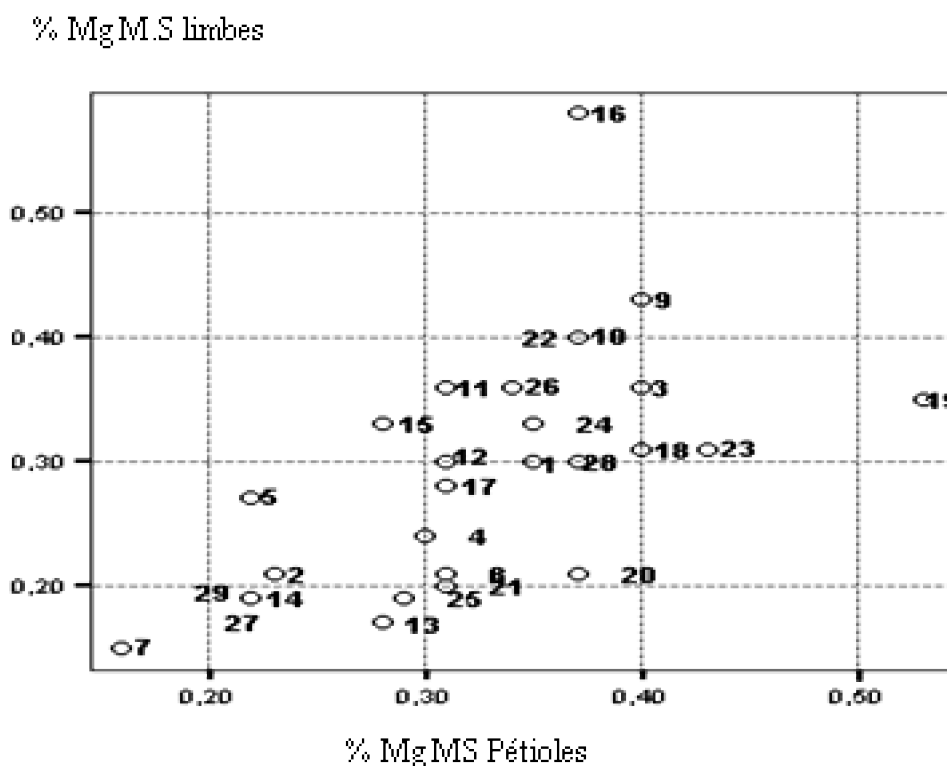


Figure 24 : Résultats analytiques du magnésium de la 1^{ème} campagne pour l'ensemble des parcelles étudiées

Les parcelles 26, 21, 22, 13, 27, 10, 14, 15, 2, 5, 15, 11, 12, 4, 6, 1, sont caractérisées par une alimentation insuffisante. Les autres parcelles présentent une alimentation normale (figure 25)

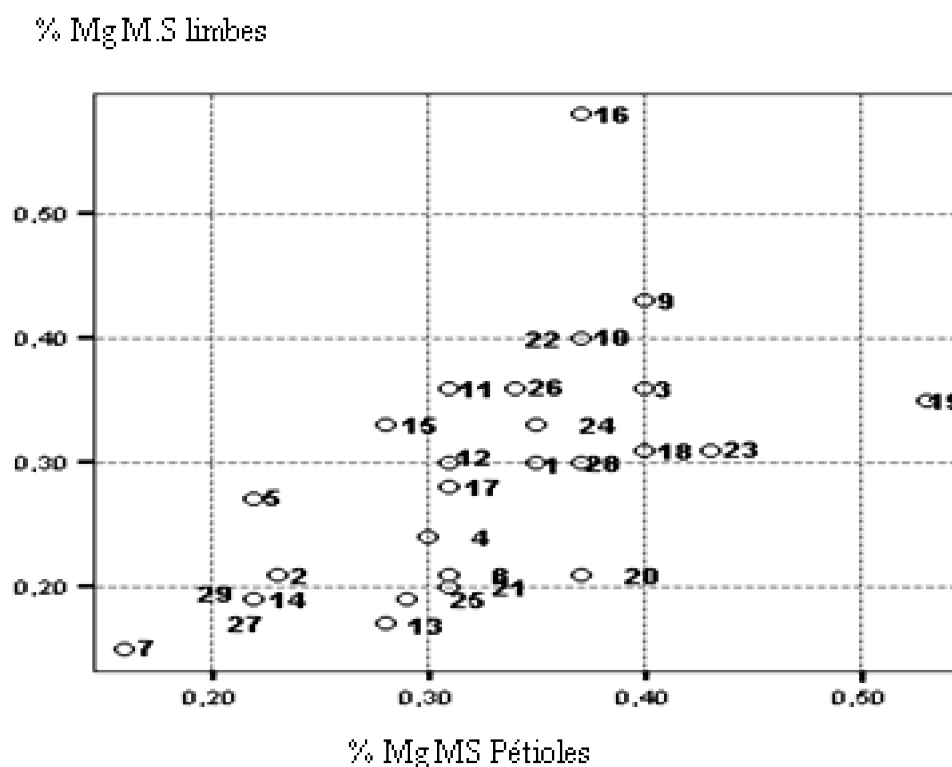


Figure 25 : Résultats analytiques du magnésium de la 2^{ème} campagne pour l'ensemble des parcelles étudiées

2-5- Le calcium

Les teneurs moyennes varient de 1,81 % MS à 1,58 % MS dans les limbes. Les teneurs moyennes pétiolaires varient de 1,80 % MS à 1,74 % MS.

Le minimum des teneurs en calcium des limbes est de 1,34 % MS (1^{ère} campagne) et de 1,00 % MS (2^{ème} campagne) et leurs maximums varient de 2,74 % MS (1^{ère} campagne) à 3,12 % MS (2^{ème} campagne). Le minimum des teneurs pétiolaires en calcium est de 1,05 % MS (1^{ère} campagne) et de 1,00 % MS (2^{ème} campagne). Le maximum des teneurs pétiolaires en calcium est de 2,25 % MS (1^{ère} campagne) et de 2,68 % MS (2^{ème} campagne). Ces teneurs se situent dans les limites de variation de Loué (1990).

Ces résultats présentent des différences significatives (F calculée = 0,63 > F théorique = 0,43 pour la première campagne et F calculée = 5,33 > F théorique = 0,028 pour la deuxième campagne au seuil de 95 %). Toutes les parcelles (figures 26, 27), présentent une alimentation normale en calcium pour les deux campagnes étudiées selon les normes de Fregoni, (1985).

% Ca MS Limbes

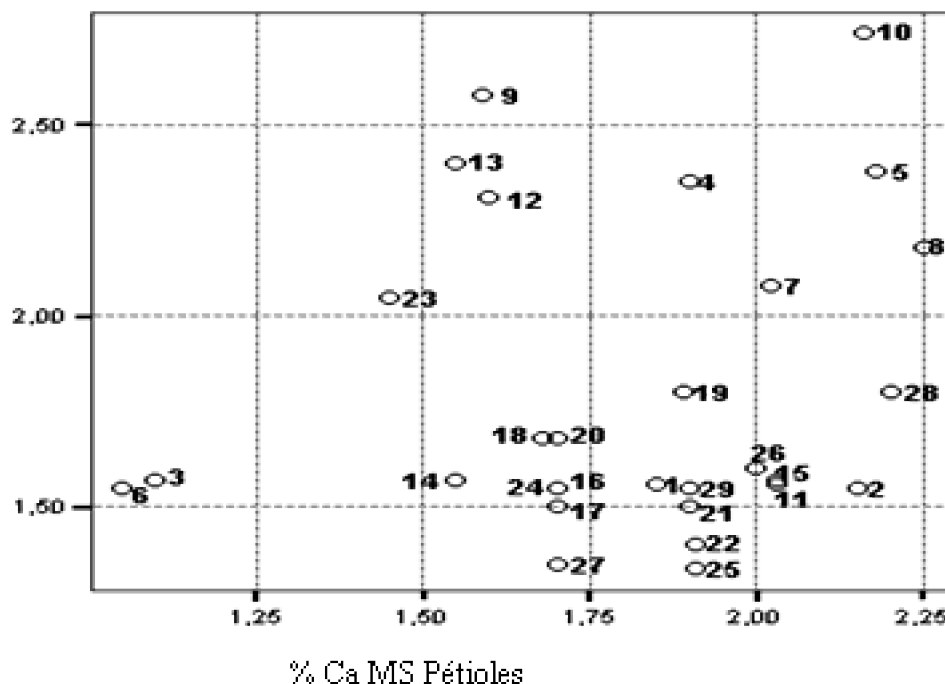


Figure 26 : Résultats analytiques du calcium de la 1^{ème} campagne pour l'ensemble des parcelles étudiées

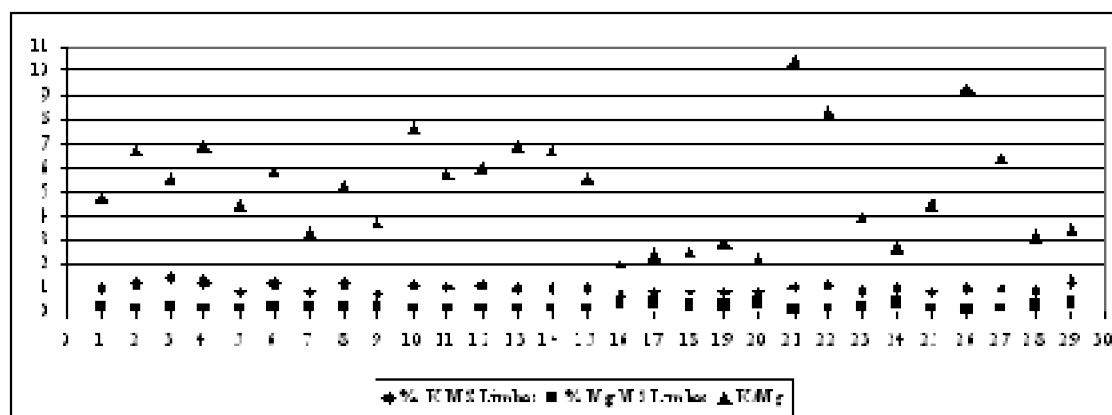


Figure 27 : Résultats analytiques du calcium de la 2^{ème} campagne pour l'ensemble des parcelles étudiées

3- Niveaux de nutrition des vignes

L'absorption d'un élément minéral ne se fait pas d'une manière totalement indépendante de celle des autres éléments (Marschner, 1997). Le cas le plus fréquent est un antagonisme, ainsi ces teneurs trop élevées en potassium dans la feuille gênent l'absorption du magnésium, ce qui peut se traduire par des symptômes visuels de

carence (chlorose internervaire des feuilles âgées), alors que le sol peut être suffisamment pourvu en cet élément. La vigne, ici encore, fournit un très bon exemple pratique de l'utilisation de cette notion d'antagonisme (Martin-Prevel *et al.*, 1984). Dans le vignoble étudié, en référence aux travaux de Frégoni (1985) et de Delas (1990), on voit qu'il y a une mauvaise nutrition potassique et magnésienne pour certaines vignes étudiées. Les teneurs en potassium et magnésium dans les feuilles (limbes et les pétioles) sont corrélées négativement (campagne 91/92 coefficient de corrélation $r^2 = - 0,26$ pour les limbes et $r^2 = - 0,64$ pour les pétioles campagne 92/93 $r^2 = 0,12$ pour les limbes et $r^2 = - 0,04$ pour les pétioles). Par conséquent les niveaux des rapports K/Mg et K/ Mg+Ca sont supérieurs ou inférieurs à la normale.

3-1- Rapport K/Mg.

Les rapports K/Mg, nous renseignent sur les risques de carences magnésiennes et potassiques (Delas, 1979 ; Loué, 1984 ; Lévy, 1964). Les rapports K/Mg des limbes variant entre 1 à 10 ne présentent pas de carence en potassium et en magnésium selon Lévy, (1964). L'alimentation minérale en potassium et magnésium est bonne pour l'ensemble des parcelles étudiées (pour la 1^{ère} campagne) selon les normes établies par Lévy, (1964). (Figure 28)

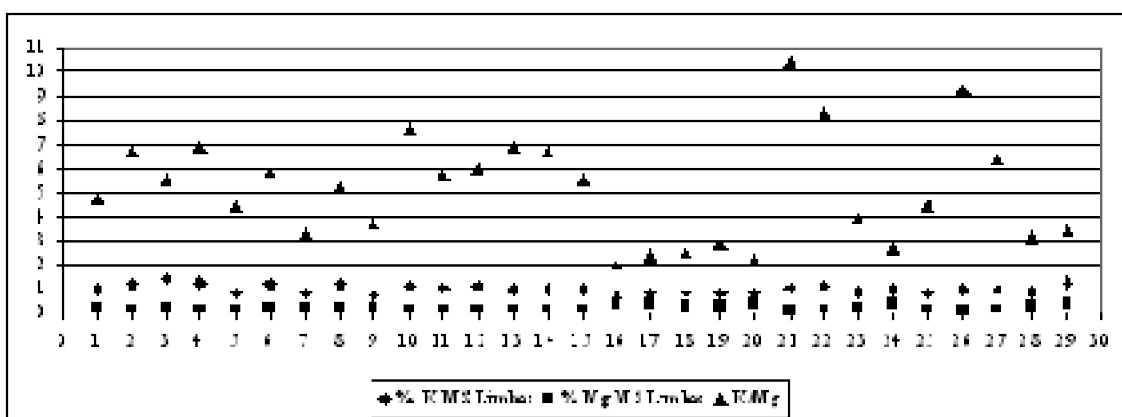


Figure 28 : Relations entre le Mg et K en % MS des limbes de la 1^{ère} campagne

Les rapports du diagnostic pétiolaire variant entre 3 et 7 présentent une alimentation normale selon les normes de Delas, (1979).

Les parcelles 16, 17, 18, 24, 28, 29 présentent un déséquilibre dans l'alimentation potassique pour la première campagne. Les parcelles 1, 2, 3, 8, 11, 15, 26 présentent un déséquilibre dans l'alimentation en magnésium pour la première campagne (Figure 29)

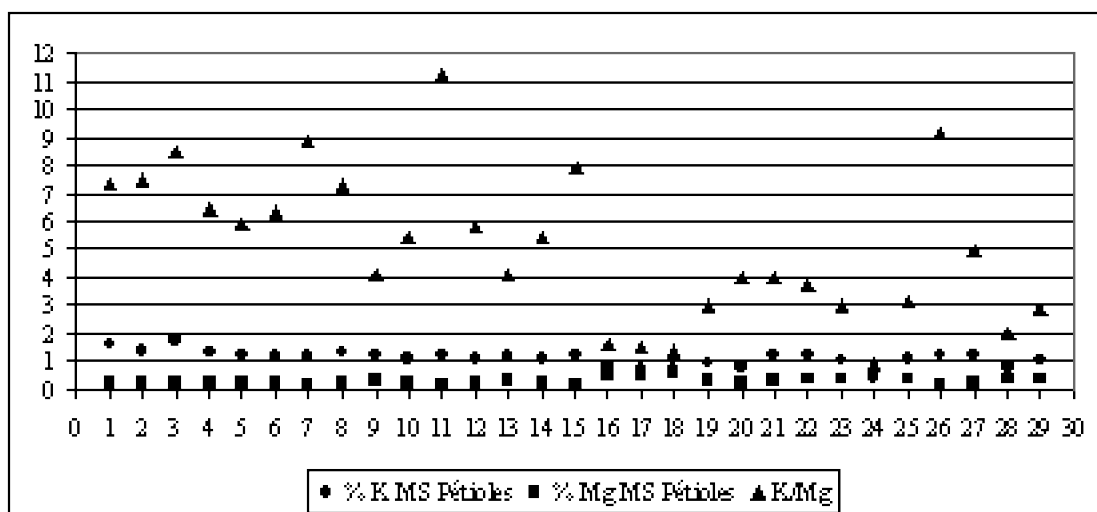


Figure 29 : Relations entre le Mg et K en % MS des pétioles de la 1^{ère} campagne

L'alimentation minérale en potassium et magnésium est bonne pour l'ensemble des parcelles étudiées (2^{ème} campagne, limbes) selon les normes établies par Delas, (1990). (Figure 30).

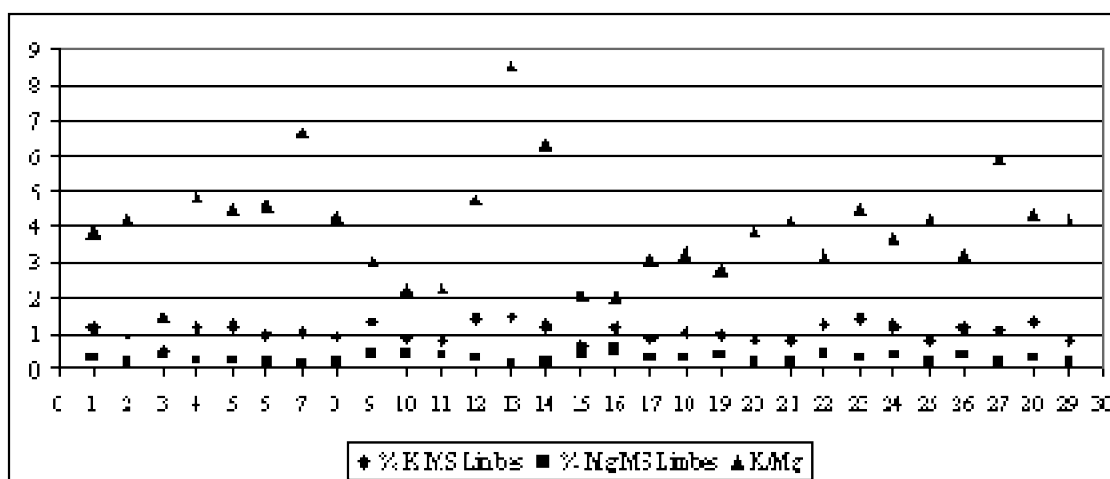


Figure 30 : Relations entre le Mg et K en % MS des limbes de la 2^{ème} campagne

Les parcelles 9, 10, 12, 16, 19, 20, 28 présentent une déficience en potassium pour la deuxième campagne. La parcelle 14 présente une déficience en magnésium pour la deuxième campagne (Figure 31).

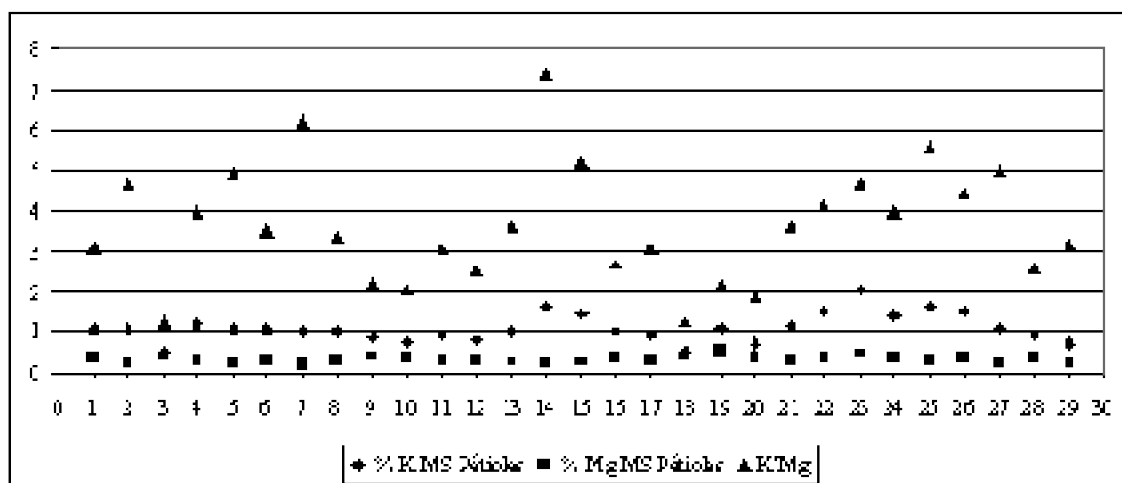


Figure 31 : Relations entre le Mg et K en % MS des pétioles de la 2^{ème} campagne

3-2- Rapport K / Mg + Ca

Selon Fregoni, (1985) ce rapport se situe entre 0,19 et 0,55 pour une alimentation normale. Les parcelles 1, 2, 3, 6, 11, 14, 15, localisées dans la région de Bordj-Ménaiel, pour la 1^{ère} campagne et 1, 6, 13, 14 pour la deuxième campagne, leurs rapports sont supérieurs à 0,55. Les autres parcelles se situent entre les limites de variation de Fregoni, (1985).

Les parcelles de la région de Tizi-Ouzou (21, 22, 25, 26, 27) leurs rapports K/Mg+Ca sont supérieurs à 0,55 et cela pour la 1^{ère} campagne.

Les parcelles (16, 17, 22, 23, 24, 27, 28) sont également supérieurs à 0,55 pour la 2^{ème} campagne.

Les autres parcelles pour les deux campagnes étudiées se situent entre les limites optimales de variation de Fregoni, (1985).

Conclusion

Le dosage de l'azote dans les limbes présente beaucoup plus d'intérêt que dans les pétioles pour l'alimentation minérale du Dattier de Beyrouth.

Les teneurs pétiolaires en phosphore sont sensiblement supérieures à celles des limbes. Comme pour le phosphore, l'intérêt d'analyse du pétiole pour le diagnostic potassique est évident; il est plus riche que le limbe en moyenne et lui est positivement corrélé.

Les teneurs moyennes des pétioles en magnésium et calcium sont supérieures à celles des limbes.

Les résultats analytiques des limbes du potassium et magnésium, dénotent une bonne nutrition phospho-potassique pour la majorité des vignes de la zone de

Bodj-Ménaiel avec un rapport K/Mg supérieur à 3 et inférieur à 7.

Certaines parcelles (16, 17, 18, 24, 28, 29) présentent une déficience en potassium pour la première campagne. Les parcelles (1, 2, 3, 8, 11, 15, 26) présentent une mauvaise alimentation en magnésium pour la 1^{ère} campagne.

Les parcelles 9, 10, 12, 16, 19, 20, 28 présentent une déficience en potassium pour la deuxième campagne. La parcelle 14 présente une déficience en magnésium pour la deuxième campagne.

Les résultats obtenus sur l'alimentation minérale du Dattier de Beyrouth, nous ont amenés à orienter notre recherche sur l'étude des équilibres ioniques en hydroponique stricte qui permet de nous affranchir des contraintes liées au sol et au climat.

Le chapitre suivant traitera l'influence des équilibres ioniques sur la nutrition minérale du Dattier de Beyrouth greffé sur 41B et SO₄.

Afin de déterminer les balances ioniques intéressantes qui permettent une alimentation correcte en éléments nutritifs de la plante.

4- La culture hors sol du cépage Dattier de Beyrouth greffé sur 41 B et SO₄

Introduction

L'adoption des cultures hors sol en Algérie, une donnée récente touchant pour l'essentiel les domaines de la recherche (Snoussi et Halitim, 1998 ; Toumi *et al.*, 2002).

Les racines des végétaux sont alimentées par un milieu liquide minéral, la solution nutritive, qui apporte : l'eau, l'oxygène dissous, les éléments minéraux indispensables (au nombre de treize), sous forme d'ions issus de la dissociation de sels et parfois sous forme de chélates organiques, dans le cas du fer (Morard, 1995). L'influence du porte-greffe sur la nutrition du cépage et sur la teneur des cations des feuilles est connue depuis longtemps (Delmas, 1971). Delas et Pouget (1984) ont montré d'une part que les porte greffes modifient l'alimentation minérale de la vigne, la sensibilité aux carences et la réponse aux fumures, et d'autre part que la composition cationique des feuilles dépend à la fois du greffon et du porte-greffe. Loué (1977) a prouvé l'importance de ces deux paramètres sur la nutrition potassique et sur la qualité des rendements.

Nous avons donc mis en place un essai, en culture hors sol, afin de mieux connaître l'influence des deux porte greffes les plus utilisés car les mieux adaptés aux sols de ce vignoble (41B, SO₄), sur la nutrition cationique du cépage Dattier de Beyrouth et en particulier sur la nutrition potassique et de tester une large gamme de solutions nutritives comportant des équilibres K-Mg très différents, afin d'observer leur incidence sur la nutrition cationique du Dattier de Beyrouth. Le porte-greffe 41B issu d'un croisement qui fut obtenu par Millardet en croisant le Chasselas x Berlandieri ; caractérisé par sa

résistance au calcaire Galet, (1991). Le porte-greffe SO4 est une sélection réalisée en Allemagne à l'Ecole de Viticulture d'Oppenheim sur le Berlandieri-riparia n°4 de Teleki, résistant au calcaire actif 17-18 %. D'après Cordeau, (1993) le 41B absorbe difficilement le potassium et facilement le magnésium, le SO4 absorbe facilement le potassium et difficilement le magnésium.

4-1- Le lieu d'expérimentation

L'essai Dattier de Beyrouth greffé sur 41B a été effectué sous la serre verre de la société Europe Sols (Photo 4). L'essai Dattier de Beyrouth greffé sur SO4 a été mené dans la serre verre automatique de l'ENSA avenue de l'agrobiopole Toulouse. (Photo 5).

4-2- Les solutions nutritives

Nous avons choisi d'utiliser une solution de type Coic Lesaint, car ces solutions ont été calculées pour obtenir des équilibres ioniques, et en particulier cationiques, optimaux pour la croissance des plantes et la maturation des fruits (Coic et Lesaint, 1975).

- KNO_3 101 g/l
- K_2SO_4 174,25 g/l
- $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 256,41 g/l
- $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 246,47 g/l
- $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 164,09 g/l
- $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ 115,03 g/l

Les oligo-éléments :

Fe EDDHA 0,6 mg/l ; $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$: 2 mg/l ; $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$: 0,05 mg/l ;
 H_3BO_3 : 1,5 mg/l ; $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$: 0,5 mg/l ; $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$: 0,25 mg/l

La composition de la solution témoin est donnée dans le tableau 29.

Tableau 29 : Composition en m.mol.l^{-1} de la solution nutritive témoin

NO_3^-	H_2PO_4^-	SO_4^{--}	NH_4^+	K^+	Ca^{++}	Mg^{++}
8,8	1,0	1,5	1,0	4,3	4,5	1,5



Photo 4 : Dispositif de l'essai K-Mg Dattier de Beyrouth greffé sur 41B.



Photo 5 : Dispositif de l'essai K-Mg Dattier de Beyrouth greffé sur SO4.

Pour étudier l'influence de l'équilibre K-Mg, nous avons fait varier les concentrations relatives en K et Ca dans les solutions nutritives. Cette démarche inspirée par Homés (1961) permet d'amplifier les différences entre les traitements et présente l'avantage

d'une part, de ne pas faire intervenir d'autres ions que ceux que l'on veut étudier et d'autre part, d'avoir sensiblement la même concentration saline dans toutes les solutions.

Delas et Pouget (1984) ont, en effet montré que l'augmentation de la solution nutritive provoque de profondes modifications de la teneur en éléments minéraux et en particulier en K, Ca et Mg de la vigne. Chacune des solutions utilisées ne diffère des autres que par ses teneurs relatives en K et Mg (Tableau 30) et des porte greffes (41B et SO4).

Tableau 30 : Concentrations en m.mol.l⁻¹ en potassium et Mg des différentes solutions nutritives testées.

m.mol.l ⁻¹	SN1	SN2	SN3	SN4	SN5
K ⁺	0,3	1,5	2,1	2,6	3,8
Mg ⁺⁺	3,8	2,6	2,0	1,5	0,3
Ca ⁺⁺	6,7	6,7	6,7	6,7	6,7
Somme	10,8	10,8	10,8	10,8	10,8

Le pH des solutions est d'environ 5,8 ; leur conductivité de départ est de 1,3 mS.cm.

Les essais ont été réalisés en culture hydroponique stricte avec aération du milieu.

La culture a été effectuée en pots d'un volume de 6L. Chaque pot contenait 2 greffés soudés taillés à deux bourgeons.

Les quinze premiers jours, toutes les plantes ont reçu la solution nutritive témoin. Puis les différents traitements ont été appliqués pendant trois mois.

Les solutions nutritives ont été renouvelées tous les quinze jours, elles ont été dosées contrôlées (pH, conductivité) à chaque changement.

La récolte des feuilles a été effectuée trois mois après le début de l'application des différents traitements. Les feuilles ont été divisées en deux lots :

- feuilles adultes
- feuilles jeunes (10 dernières feuilles)

4-3- Traitements statistiques

Statistiquement, ces essais sont des essais mono factoriels en randomisation totale. Le facteur étudié est l'équilibre K-Mg de la solution nutritive. Il y a 5 traitements, 4 répétitions par traitement et deux plantes par répétition.

Chaque plante est analysée et c'est la moyenne des deux plantes qui est utilisée comme répétition dans les traitements statistiques.

Après vérification de la normalité des distributions des données et de l'égalité de variances des différents traitements, une analyse de variance a été effectuée ; puis, lorsque les différences entre les traitements étaient significatives, un classement des moyennes a été réalisé par le test de Newman et Keuls au seuil de 5%.

4-4- Influence des équilibres ioniques K-Mg sur la teneur en cations (K, Ca, Mg) du cépage Dattier de Beyrouth greffé sur 41B

L'évolution des teneurs en K des limbes et corrélée avec celle de la solution nutritive.

Les teneurs en magnésium sont régulières dans les feuilles adultes, mis à part le traitement SN1 avec des teneurs dans les feuilles jeunes sont inférieures à celles des feuilles adultes.

Pour les solutions nutritives 1,2, les teneurs en K des feuilles jeunes sont supérieures à celles des feuilles adultes et l'inverse est remarqué pour les solutions nutritives 4,5 ce qui est comparable à l'évolution des teneurs potassiques chez la Negrette (Daverede, 1997). (Tableau 31, figure 32).

	Solutions Nutritives en mmol.l ⁻¹		LIMBES en % MS					
	K+	Mg ⁺⁺	K+		Mg ⁺⁺		Ca ⁺⁺	
			FA	FJ	FA	FJ	FA	FJ
SN1	0,3	3,8	0,42	0,83	0,35	0,29	1,37	1,35
SN2	1,5	2,6	0,84	1,15	0,28	0,28	1,52	1,28
SN3	2,1	2,0	1,29	1,68	0,27	0,27	1,39	1,37
SN4	2,6	1,5	1,79	1,55	0,15	0,09	1,40	1,28
SN5	3,8	0,3	1,79	1,71	0,14	0,15	1,43	1,35

Tableau 31 : Teneurs en potassium, calcium et magnésium (% MS) des limbes des feuilles adultes (FA) et jeunes (FJ).

SN 3 correspond à la solution nutritive témoin

Les teneurs des feuilles adultes et jeunes en % K MS ne sont pas significativement différents au seuil de 5% ($F = 5,31 < F \text{ calculée} = 0,24$).

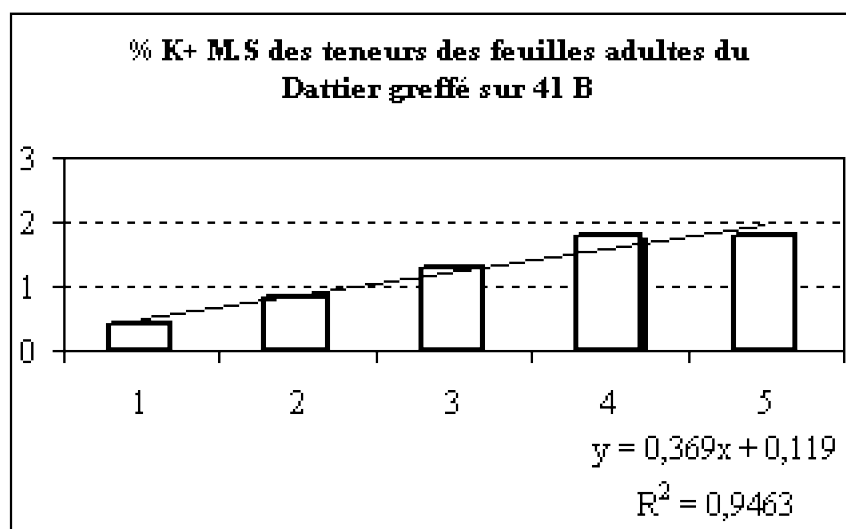


Figure 32 : Courbe de tendance des teneurs en % K MS

Les teneurs des feuilles adultes et jeunes en % Mg ne sont pas significativement différents au seuil de 5% ($F = 5,31 > F$ calculée = 0,14). Il ressort de l'évolution que les teneurs en K augmentent dans les limbes corrélativement à celles de la solution nutritive.

Les plantes ayant poussées sur la solution la plus pauvre en K^+ ($0,3 \text{ m.mol.l}^{-1}$) sont naines. Le développement racinaire est très réduit. Les teneurs en potassium dans les feuilles sont faibles.

Pour la solution nutritive n°2 dont la concentration en potassium convenait, on remarque une augmentation de la teneur en cet élément dans les feuilles jeunes et feuilles adultes, sachant que les teneurs des jeunes feuilles sont supérieures à celles de feuilles adultes.

Pour la solution n° 3 l'augmentation de la teneur de K est supérieure à la solution précédente. Les solutions 4 et 5 présentent des teneurs correctes en K.

	Solutions Nutritives en m.mol.l ⁻¹		Rapport K/Mg et K/Ca Somme K + Mg + Ca					
	K+	Mg ⁺⁺	K/Mg		K + Ca + Mg		K/Ca	
			FA	FJ	FA	FJ	FA	FJ
SN1	0.3	3,8	1,2	2,86	2,47	3,07	0,30	0,61
SN2	1.5	2,6	3,00	4,11	2,71	3,08	0,55	0,89
SN3	2.1	2,0	4,78	6,22	3,32	3,03	0,92	1,22
SN4	2.6	1,5	11,93	17,22	2,92	2,83	1,27	1,21
SN5	3.8	0,3	12,79	11,40	2,93	3,21	1,25	1,26

Tableau 32 : Rapports K/Mg et K/Ca ainsi que la somme K + Mg + Ca

Lévy, (1967) précise que dans les feuilles convenablement alimentés, la valeur du rapport K/Mg se situe entre 3 et 7 ; des rapports K/Mg < 2 correspondent à des vignes carencées en potassium, et K/Mg > 10 à des carences en magnésium. Le rapport K/Mg dans les feuilles adultes et feuilles jeunes du traitement n° 01 présente une valeur de 1,2 dénotant une carence en potassium, les autres traitements le rapport est supérieur à 3 correspondant à une alimentation normale en potassium (tableau 32).

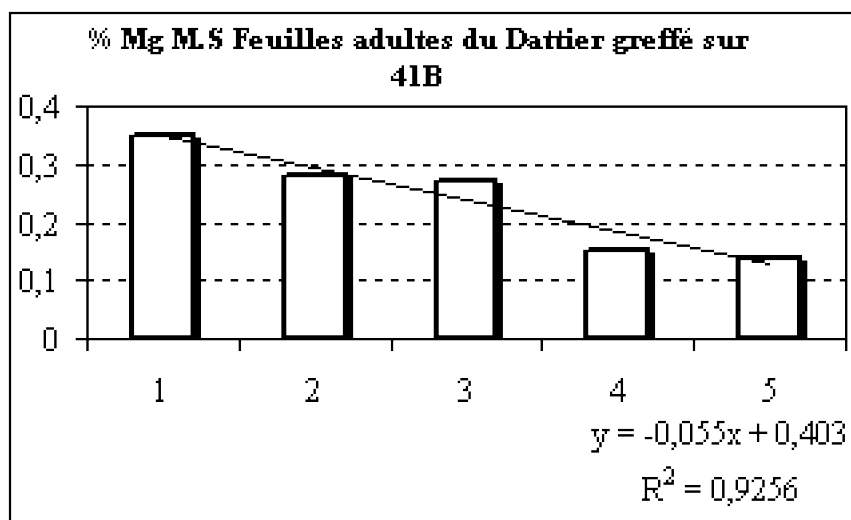


Figure 33 : Courbe de tendance des teneurs en % Mg M. S

La SN4 et SN5 leurs rapports K/Mg sont supérieurs à 10 indiquant une carence en Mg.

La moyenne des sommes cationiques (K, Mg, Ca) de notre essai présente un écart type de 0,04 signifiant que la balance cationique n'est pas différente pour les différents traitements et cela justifie la notion d'équilibre cationique dans les feuilles de vignes constatée par Garcia (1993).(tableau 30).

La teneur en magnésium augmente avec celles de la solution nutritive (figure 33).

Les teneurs en magnésium les plus importantes se rencontrent dans la solution nutritive 1 (SN1) carencée en K.

La teneur en magnésium diminue légèrement avec l'augmentation du K pour la SN2 et SN3 et diminue fortement pour la SN4 et SN5 où l'on trouve des teneurs faibles (Figure 32). Les teneurs des jeunes feuilles et adultes ne varient pas sauf pour la SN1 où la teneur des jeunes feuilles est inférieure à celle des feuilles adultes.

Le coefficient de corrélation $r^2 = 0,92$ confirme les variations de teneurs dans les limbes qui sont liées à celles de la concentration en cet élément dans la solution nutritive. Étant donné que la concentration est identique pour les différents traitements, la variabilité des teneurs en cet élément n'est pas significative.

4-5- Influence des équilibres ioniques K-Mg sur la teneur en cations (K, Ca, Mg) du cépage Dattier de Beyrouth greffé sur le SO4.

L'évolution des teneurs en K des limbes jeunes est corrélée avec ceux des solutions nutritives (tableau 33, figure 34).

Pour les solutions nutritives 1, 2, les teneurs en K des feuilles jeunes sont inférieures à celles des feuilles adultes et l'inverse est remarqué pour les solutions nutritives 4 et 5 ce qui est comparable à l'évolution des teneurs potassiques chez la Negrette (Daverede, 1997).

Il est à signaler que les plantes ayant poussées sur la solution la plus pauvre en K^+ ($0,3 \text{ m.mol.l}^{-1}$) sont restées naines, comparativement aux plantes évoluant dans la solution SN3 par exemple.

Le développement du système racinaire était très réduit et des teneurs faibles en cet élément ont été trouvées pour les feuilles jeunes.

Pour la solution nutritive 5 dont la concentration en potassium semblait optimale, on remarque une augmentation de la teneur en cet élément dans les feuilles jeunes et feuilles adultes par rapport à la SN1, avec un système racinaire plus développé (photo 6).

Pour la solution 3 l'augmentation de la teneur foliaire en K est supérieure à celle de la solution précédente mais uniquement pour les jeunes feuilles seulement.

Les autres solutions présentent des teneurs correctes en K par rapport aux normes de Lévy (1967).

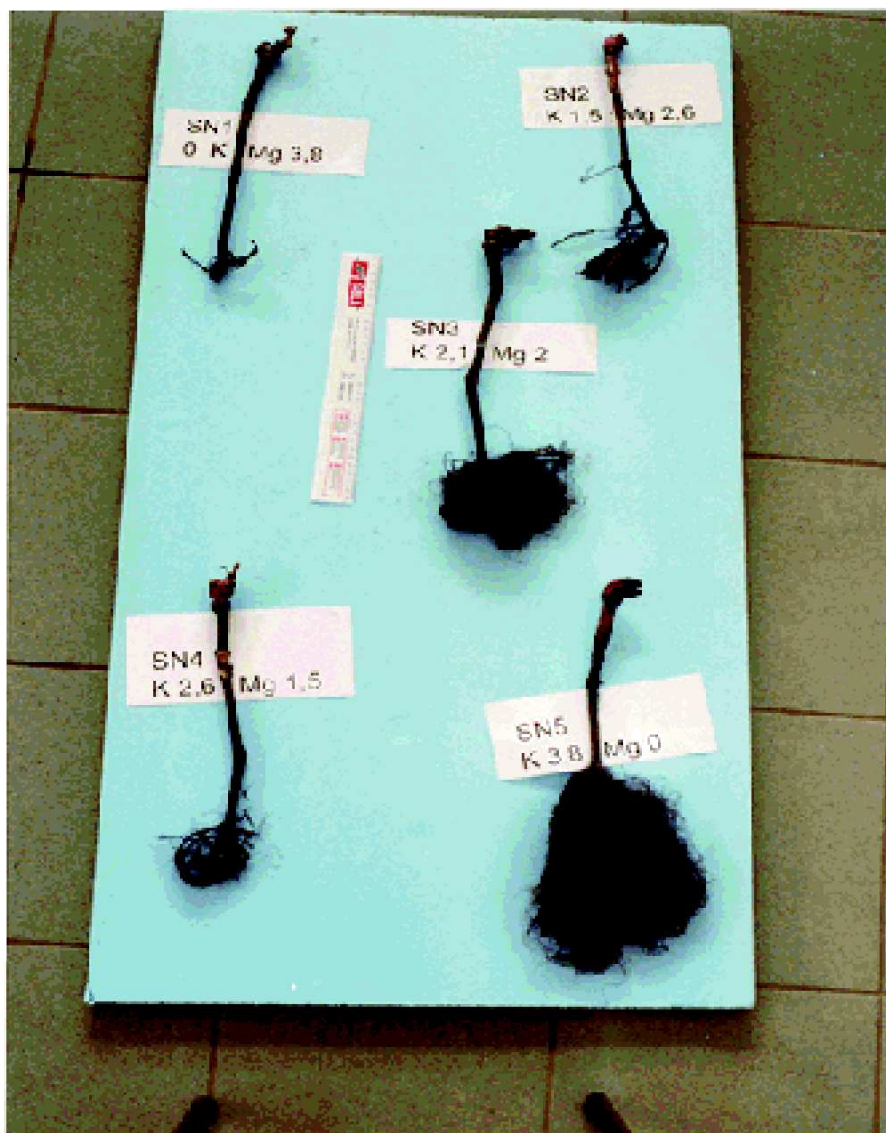


Photo 6 : Développement du système racinaire de l'essai K-Mg du Dattier de Beyrouth

greffé sur SO4

	Solutions Nutritives en m.mol.l ⁻¹		LIMBES en % MS					
	K+	Mg ⁺⁺	K+		Mg ⁺⁺		Ca ⁺⁺	
			FA	FJ	FA	FJ	FA	FJ
SN1	0,3	3,8	1,48	1,20	0,28	0,29	1,21	1,12
SN2	1,5	2,6	1,77	1,48	0,37	0,23	1,50	0,70
SN3	2,1	2,0	1,08	1,71	0,17	0,25	0,89	1,36
SN4	2,6	1,5	1,63	2,26	0,22	0,25	0,97	1,18
SN5	3,8	0,3	2,36	2,39	0,10	0,12	1,34	1,05

Tableau 33 : Influence de la concentration en K et Mg de la solution nutritive sur les teneurs (% MS) en potassium, calcium et magnésium des limbes des feuilles adultes (FA) et jeunes (FJ).

Les teneurs des feuilles adultes et jeunes en % K MS ne sont pas significativement différents ($F_{5,31} > \text{Valeur calculée} = 0,21$) au seuil de 5 %.

Les teneurs des feuilles adultes et jeunes en % Mg ne sont pas significativement différents ($F_{\text{théorique } 5,31} > F_{\text{calculée critique}} = 0,00$) au seuil de 5 %

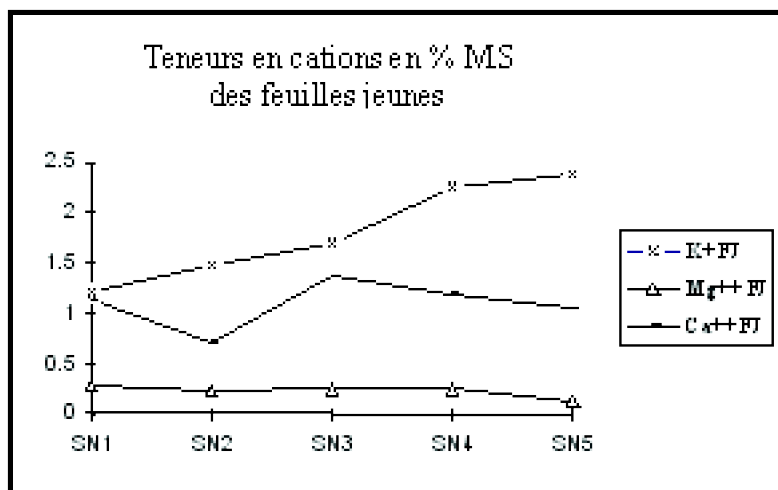


Figure 34 : Teneurs des cations en % MS des feuilles jeunes

- $K^+ : Y = 0,316 x + 0,86 \quad r^2 = 0,9696$
- $Ca^{++} : Y = 0,034 x + 0,98 \quad r^2 = 0,0491$
- $Mg^{++} : Y = -0,032 x + 0,324 \quad r^2 = 0,6214$

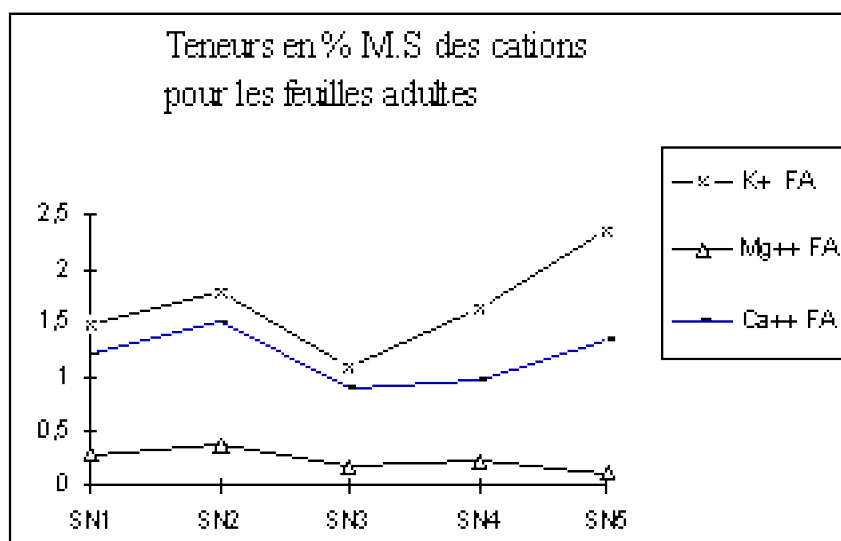


Figure 35 : Teneurs des cations en % MS des feuilles adultes

- $K^+ : Y = 0,162 x + 1,176 \quad r^2 = 0.3014$
- $Mg^{++} : Y = - 0,051 x + 0.381 \quad r^2 = 0.6094$
- $Ca^{++} : Y = - 0,027 x + 1,263 \quad r^2 = 0.0284$

Les teneurs en magnésium sont régulières dans les feuilles adultes, mis à part le traitement SN1 avec une teneur dans les feuilles jeunes inférieure à celles des feuilles adultes. La teneur en magnésium augmente avec celle de la solution nutritive.

Les teneurs en magnésium les plus importantes se rencontrent dans la solution nutritive 1 carencée en K sauf pour la SN2 où la teneur en Mg des feuilles adultes est supérieure à la SN1.

La teneur en magnésium diminue légèrement avec l'augmentation du K pour la SN2 et SN3 et diminue fortement pour la SN4 et SN5 où l'on trouve des teneurs faibles.

Etant donné que la concentration est identique pour les différents traitements, la variabilité des teneurs en cet élément est faible.

Les solutions SN3 et SN4 présentent des teneurs en feuilles adultes inférieures aux teneurs des feuilles jeunes dues probablement à l'influence de la balance cationique relativement riche en K (Figure 35).

Conclusion

Les résultats obtenus montrent que les teneurs en potassium des feuilles adultes varient en fonction du porte greffe. Le Dattier de Beyrouth greffé sur SO4 est la combinaison qui absorbe plus facilement le potassium (1,664 % MS pour les feuilles jeunes et 1,808 MS pour les feuilles adultes, ces teneurs correspondent à la moyenne des résultats des analyses en % MS).

Au contraire, le Dattier de Beyrouth greffé sur 41 B présente l'absorption la plus faible en potassium (1,220 % MS pour les feuilles jeunes et 1,384 % MS pour les feuilles adultes).

Dans tous les cas les feuilles jeunes contiennent des quantités de potassium supérieures aux feuilles adultes. (figure 36).

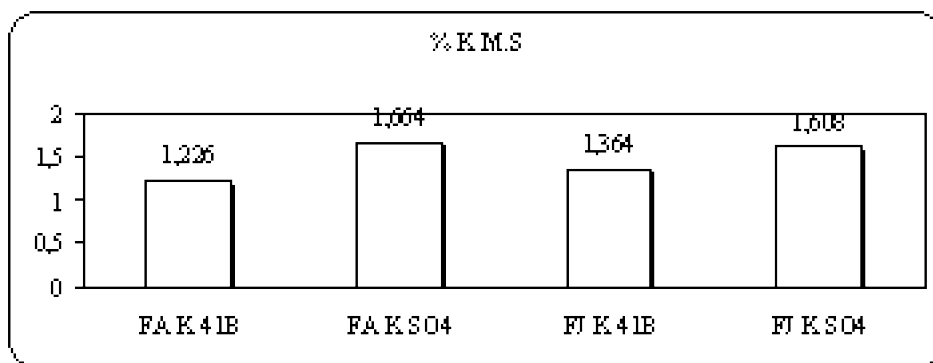


Figure 36 : Evolution des teneurs potassiques des feuilles adultes (FA) et feuilles jeunes (FJ) du 41B et SO4.

L'absorption du magnésium pour les deux combinaisons n'est pas différente. Néanmoins, on remarque une accumulation dans les feuilles adultes du 41B (0,238 % MS) supérieure à celles du SO4 (0,228 % MS). Pour les feuilles jeunes le contraire est observée (0,228 % MS pour le SO4 et 0,216 % MS pour le 41 B) (Figure 37).

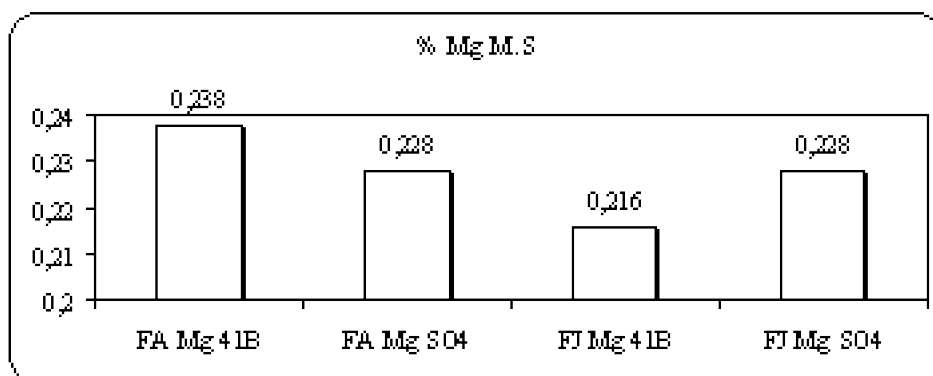


Figure 37 : Evolution des teneurs magnésiques dans les feuilles adultes (FA) et feuilles jeunes (FJ) du 41B et SO4.

Les résultats montrent que la combinaison Dattier de Beyrouth / 41B absorbe plus de Ca (1,422 % MS dans les feuilles adultes) que la combinaison Dattier de Beyrouth / SO4 (1,182 % MS dans les feuilles adultes). Par contre, la combinaison Dattier de Beyrouth /41B présente des teneurs supérieures dans les feuilles jeunes (1,326 % MS) que le Dattier de Beyrouth / SO4 (1,082 % MS). Quelque soit le porte greffe les limbes adultes contiennent toujours plus de Ca que les feuilles jeunes (figure 38).

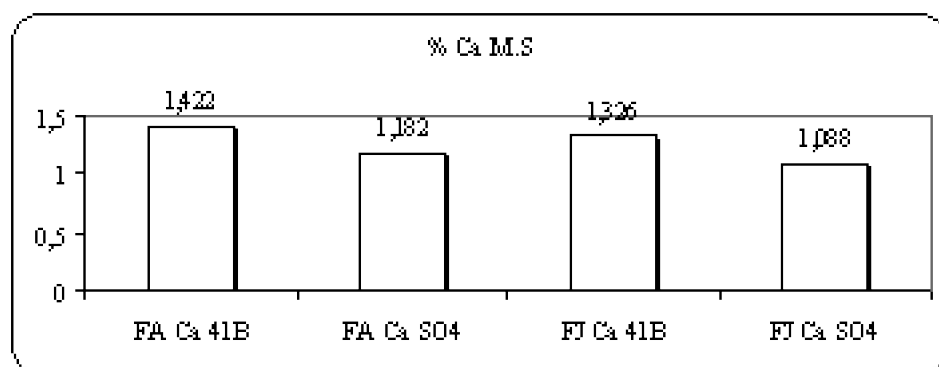


Figure 38 : Evolution des teneurs calciques dans les feuilles adultes (FA) et feuilles jeunes (FJ) du 41B et SO4.

La combinaison Dattier de Beyrouth/41B présente les plus faibles rapports cationiques par rapport à la combinaison Dattier de Beyrouth/SO4 (tableau 34).

Tableau 34 : Rapports cationiques du Dattier de Beyrouth greffé sur 41B et SO4

	K/Mg FA	K/Mg FJ	K/Ca FA	K/Ca FJ	K/Mg+Ca FA	K/Mg+Ca FJ
D.B/ 41B	6,74	8,36	0,31	0,61	0,76	0,91
D.B/SO4	9,49	9,27	1,41	1,71	1,19	1,42

Cette expérimentation confirme les résultats obtenus sur les différentes combinaisons étudiées par Daverede, (1996) et montrent l'importance du porte greffe sur la nutrition minérale. L'assimilation du potassium varie en fonction du porte greffe utilisé, avec le Dattier de Beyrouth /41B, on obtient les plus faibles valeurs (1,226 % MS FA et 1,384 % MS FJ) et le Dattier de Beyrouth/SO4 présente les plus fortes valeurs (1,664 % MS FA à 1,808 % MS FJ). Les résultats obtenus lors de cette expérimentation confirme l'importance du choix du porte greffe et son incidence sur la nutrition du greffon comme l'ont montré Delas et Pouget (1984).

Les résultats du potassium sont en accord avec ceux obtenus sur ce même porte greffe par Daverede (1996) et Garcia *et al.* (1999). En effet, plus l'apport de potassium à la solution nutritive est important, plus le Dattier de Beyrouth greffé sur le porte greffe SO4 en assimile de grandes quantités. La teneur en cet élément dans la plante étant très élevée à celle du milieu où elle est cultivée. Cet essai montre que les teneurs en potassium, comprises entre 1,226 % MS et 1,384 % MS dans les feuilles adultes ; sont dans les limites de variation des normes rencontrées habituellement dans la bibliographie pour d'autres assemblages.

Par ailleurs, les teneurs en potassium, comprises entre 1,664 % MS et 1,808 % MS pour l'assemblage Dattier de Beyrouth/SO4 sont élevées par rapport aux normes proposées par Champagnol (1984). Les niveaux optimums de nutrition potassique sont compris entre 0,70 et 1,40 % M.S dans les limbes (Loué 1990 ; Fregoni 1985).

Quelque soit le porte greffe utilisé, le Dattier de Beyrouth a également une forte capacité d'accumuler du calcium dans les feuilles. On trouve dans les feuilles adultes des valeurs, de 1,422 % MS pour le 41B et 1,182 % MS pour le SO4, supérieures à celles des

feuilles jeunes et varient de 1,326 % MS pour le 41B et 1,088 % MS pour le SO4.

Contrairement au potassium, cet élément s'accumule dans les feuilles adultes. Les teneurs en magnésium dans les limbes varient en fonction du porte greffe utilisé. Pour le Dattier de Beyrouth, la teneur dans les feuilles semble effectivement liée à l'absorption des deux autres cations.

L'étude des rapports cationiques permet d'avoir une vision globale de l'état nutritionnel de la plante (Fregoni, 1985).

Les ions divalents s'accumulent préférentiellement dans les limbes adultes tandis que le potassium est mobilisé vers les limbes jeunes où le métabolisme est le plus actif, phénomène bien connu. Elle met aussi en évidence les antagonismes existant entre les différents cations. Nos résultats montrent que l'antagonisme K-Mg est beaucoup plus marqué que l'antagonisme K-Ca.

Les teneurs en % MS correspondant à la meilleure croissance du Dattier de Beyrouth sont: 1,29 % MS pour le potassium. 0,27 % MS pour le magnésium. 1,39 % MS concernant le calcium (tableau 31).

Ces résultats sont obtenus avec la solution nutritive témoin. Ils sont en accord avec ceux de Loué (1990) pour le potassium et le magnésium. Ils sont également en accord avec ceux de Fregoni (1985) concernant le calcium.

Dans le chapitre suivant, l'analyse des données du diagnostic foliaire pluriannuel, nous permettra de déterminer des normes de référence pour le vignoble de table variété Dattier de Beyrouth des zones étudiées, en comparaison avec les résultats obtenus en hors sol, notamment pour le potassium, magnésium et calcium.

5- Suivi pluriannuel des vignes étudiées

Le traitement statistique des résultats analytiques du diagnostic foliaire au stade véraison en N, P, K, Mg, Ca en pour cent de matière sèche (% MS), est donné dans le tableau 35. Les résultats des données, station par station et selon les années (84/85, 85/86, 89/90, 90/91, 91/92, 92/93, 93/94, 94/95), sont donnés en annexes (21 à 30).

Tableau 35 : Résultats analytiques du diagnostic foliaire (suivi pluriannuel)

	N % MS	P % MS	K % MS	Mg % MS	Ca% MS
n	130,00	130,00	130,00	130,00	130,00
x	1,88	0,15	1,02	0,27	1,78
M	1,93	0,12	1,02	0,27	1,70
s ₂	0,40	0,05	0,32	0,09	0,53
s ²	0,16	0,00	0,10	0,01	0,28
Mn	0,88	0,08	0,42	0,10	0,70
Mx	2,98	0,27	1,85	0,62	3,61
CV (%)	21,25	33,53	31,21	34,57	29,60
x- s	1,48	0,10	0,70	0,18	1,26
x+ s	2,27	0,20	1,33	0,36	2,31

n : nombre d'échantillons analysés ; x: moyenne ; M : médiane; s : écart type ; s² : variance ; Mn : minimum ; Mx : maximum ; S : somme ; CV : coefficient de variation (s/x).

Le coefficient de variation est supérieur à 5 % pour tous les éléments traités, dénotant une dispersion des données par rapport à la moyenne x. Cette dispersion explique la variabilité des données du diagnostic foliaire et reflète l'hétérogénéité de l'alimentation minérale des différentes stations. La justesse des données analytiques est interprétée par l'écart entre la moyenne et la médiane (écart faible ou nulle). L'écart entre la moyenne et la médiane de l'azote en % MS est faible (M-x = 1,93 -1,88 = 0,05).

- L'écart entre la moyenne et la médiane du phosphore est faible (M-x = -0,03).
- L'écart entre la moyenne et la médiane du potassium est nulle (M-x = 0,00), ainsi que pour le magnésium.
- L'écart entre la moyenne et la médiane du calcium est faible (M-x = 0,08).

Le regroupement en classes des seuils d'alimentation du Dattier de Beyrouth sont obtenus en comparaison avec les normes admises par différents auteurs pour d'autres cépages de part le monde (Delas, 1990 ; Loué, 1990 ; Spring *et al.*, 2003).

Les intervalles de classes sont obtenus statistiquement sur cent trente analyses pour les différentes stations étudiées. Les résultats obtenus pour les éléments minéraux N, P, K, Mg, Ca, compris entre l'intervalle x-s et x+s représentent une alimentation normale.

Les teneurs inférieures à l'intervalle x-s et x+s, représentent une alimentation insuffisante. Les teneurs supérieures à l'intervalle x-s et x+s représentent une alimentation riche. Ces intervalles sont :

- N % MS : x-s = 1,48 % MS ; x+s = 2,27 % MS
- P % MS : x-s = 0,10 % MS ; x+s = 0,20 % MS
- K % MS : x-s = 0,70 % MS ; x+s = 1,33 % MS
- Mg % MS : x-s = 0,18 % MS ; x+s = 0,36 % MS
- Ca % MS : x-s = 1,26 % MS ; x+s = 2,31 % MS

Ces intervalles (tableau 35) sont en accord avec ceux obtenus par d'autres auteurs

(Aldebert, 1958 ; Delmas, 1971 ; Loué, 1990, Martin-Prevel *et al.*, 1984).

Ces résultats sont confirmés par ceux obtenus en culture hors sol pour le Dattier de Beyrouth greffé sur 41 B et SO4 (Toumi, 2002), pour le potassium, magnésium et le calcium. Nous avons pris comme référence, les teneurs des cations en % MS des feuilles, qui représente la balance nutritive de la solution témoin pour la meilleure croissance du Dattier de Beyrouth greffé sur 41B. Les teneurs sont (tableau 31, page 103):

- 1,29 % MS pour le potassium,
- 0,27 % MS pour le magnésium,
- 1,39 % MS pour le calcium.

5-1- L'azote

Les teneurs azotés varient de 0,88 à 2,98 % MS. Les teneurs en phosphore en % MS varient de 0,08 à 0,27 % MS.

Les seuils de nutrition optimums varient de 1,48 à 2,27 d'N % MS. selon les seuils établis dans le cadre de ce travail.

Les teneurs minérales en azote en pour cent de matière sèche sont mauvaises pour 23 analyses, bonnes pour 38 analyses, très bonnes pour 47 analyses, en excès pour 22 analyses.

La comparaison de ces classes avec les limites de variation des seuils obtenus dans le cadre de ce travail, ressort que la variété Dattier de Beyrouth est en général, bien alimentée en azote dans les zones étudiées (Figure 39)

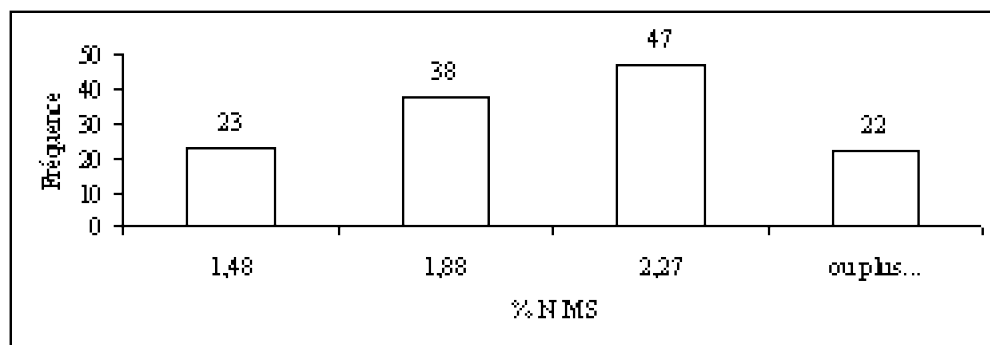


Figure 39: Fréquence des analyses de l'azote en % MS

5-2- Le phosphore

Les teneurs minérales en phosphore sont très mauvaises pour 28 analyses et bonne à très bonne pour 82 analyses (figure 40).

L'alimentation minérale du vignoble en phosphore est en général très bonne selon les seuils de nutrition obtenus dans ce travail. Les seuils optimums varient de 0,14 à 0,19 % MS pour les zones étudiées.

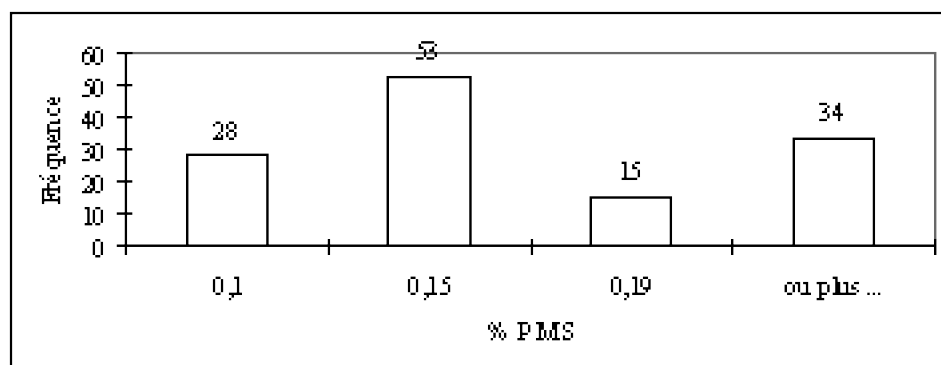


Figure 40 : Fréquence des analyses du phosphore en % MS

5-3- Le potassium

Les teneurs en potassium varient de 0,42 à 1,85 % MS.

Les teneurs minérales en potassium sont très mauvaises à passable pour 66 analyses. Elles sont assez bonnes à très bonne pour 64 analyses (figure 41).

L'alimentation minérale du vignoble étudié en potassium est en général satisfaisante selon les normes de Loué, (1990) et les seuils de nutrition obtenus dans le cadre de ce travail. Les seuils optimums varient de 0,7 à 1,33 % MS pour les zones étudiées.

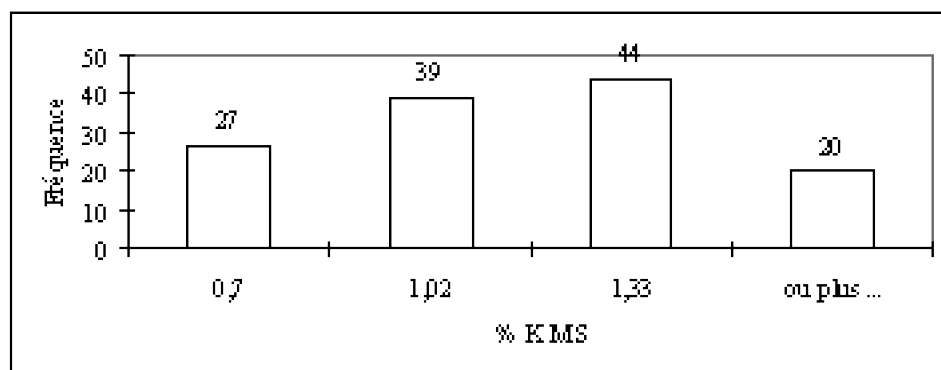


Figure 41: Fréquence des analyses du potassium en % MS

5-4- Le magnésium

Les teneurs en magnésium varient de 0,10 à 0,62 % MS.

Les teneurs minérales en magnésium sont mauvaises pour 25 analyses. Elles sont assez bonnes à très bonne pour 105 analyses (figure 42).

L'alimentation minérale du vignoble étudié en magnésium est en général satisfaisante selon les normes de Loué (1990), et les seuils obtenus dans le cadre de ce travail. Les teneurs optimums varient de 0,18 à 0,36 % MS pour les zones étudiées.

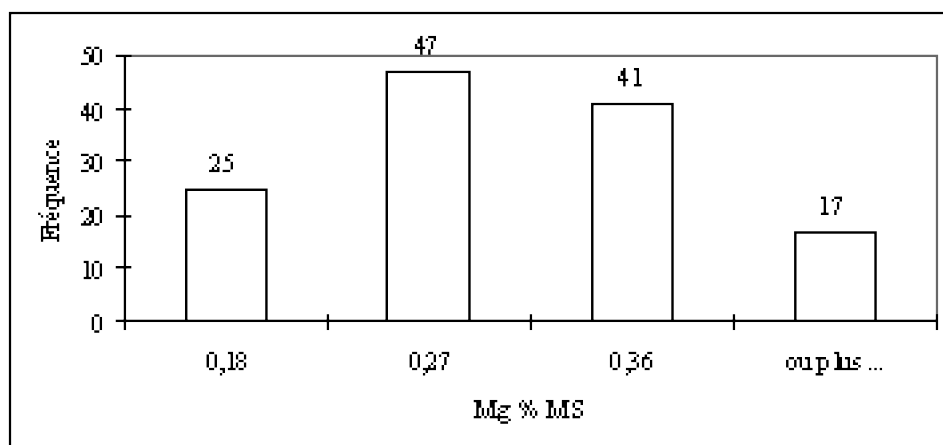


Figure 42: Fréquence des analyses du magnésium en % MS

5-5- Le calcium

Les teneurs en calcium en % MS varient de 0,70 à 3,61 % MS. Les teneurs minérales en calcium sont très faibles pour 16 analyses. Elles sont bonnes à très élevées pour 114 analyses (Figure 43) selon les normes de Spring *et al.*, (2003).

Par ailleurs, l'alimentation minérale du vignoble étudié en calcium est satisfaisante selon les normes de Loué, (1990).

Les seuils de nutrition optimale du Dattier de Beyrouth varient de 1,26 à 2,31 % MS pour les zones étudiées.

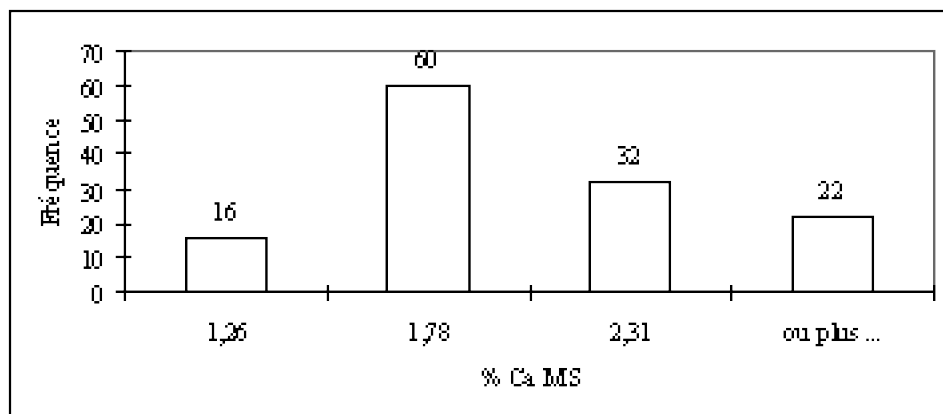


Figure 43 : Fréquence des analyses du calcium en % MS

Conclusion

Les résultats du diagnostic foliaire, pluriannuel, nous montrent que l'alimentation minérale en N, P, K, Mg, Ca est très hétérogène selon les normes de Delas (1979) ; Loué (1990) et Spring *et al.*, (2003). Les différents assemblages étudiés par ces auteurs montrent une

différence très nette d'absorption des éléments minéraux. Le suivi pluriannuel de l'alimentation minérale du Dattier de Beyrouth greffé sur 41B en plein champ, présente une absorption préférentielle pour certains cations notamment le magnésium, l'azote et le phosphore et moyennement pour le potassium selon les normes de Loué (1990).

L'alimentation en cations est relativement faible pour l'assemblage Dattier de Beyrouth greffé sur 41B en comparaison avec d'autres cépages étudiés par différents auteurs (Delas, 1977; Loué, 1990; Spring *et al.*, 2003). Les seuils de nutrition seront différents par rapport aux normes établies par ces auteurs.

Au terme de ce travail, nous proposons (première approche) les seuils d'alimentation minérale du Dattier de Beyrouth greffé sur 41B (tableau 36), selon les résultats obtenus en hors sol et du suivi pluriannuel.

Tableau 36 : Seuils de nutrition minérale du Dattier de Beyrouth greffé sur 41B

Seuils	N % MS	P % MS	K % MS	Mg % MS	Ca % MS
Mauvaise	<1,47	<0,1	<0,7	<0,18	<1,26
Passable	1,48-1,87	0,1-0,14	0,7-1,01	0,18-0,26	1,26-1,77
Bonne	1,88-2,26	0,15-0,19	1,02-1,32	0,27-0,35	1,78-2,30
Très bonne	>2,27	>0,19	>1,33	>0,36	>2,31

Le chapitre suivant, traitera la fertilisation des zones étudiées.

6- Fertilisation des vignes étudiées

Selon Spring *et al.*, (2003), les normes de la fumure annuelle, sont établies sur la base des exportations. Pour un niveau de production de 120 q/ha, du Riesling (cépage de cuve), les exportations sont :

50 kg d'N; 20 U de P₂O₅; 75 U de K₂O; 25 U de MgO.

L'enquête globale réalisée dans les vignes étudiées durant la campagne 1991/1992 nous a permis d'obtenir un certain nombre d'indications sur la fumure phospho-potassique (0.20.25), concernant les parcelles de vignes retenues pour notre étude (tableau 37).

La fumure azotée, dans les régions étudiées, n'est pas apportée en général (données nulles supérieures à 20).

L'apport de 700 kg (7 q/ha) d'engrais binaire 0.20.25 correspond à 140 U P₂O₅ et 175 U K₂O.

Les parcelles de vignes, fertilisées reçoivent des doses supérieures aux besoins établis pour le Riesling (Cépage de cuve) par Spring *et al.*, (2003), qui sont de l'ordre de 400 kg de l'engrais binaire 0.20.25.

En comparaison avec les rendements des vignes étudiées, nous avons pu établir une relation entre les fumures pratiquées, l'âge et les rendements pour les différents types de sols rencontrés dans les zones étudiées.

La moyenne des rendements est égale à 77,58 q/ha. Le minimum est de 20 q/ha (Parcelle 21, âge = 45 ans), le maximum est de 140 q/ha (parcelle 8, âge = 7 ans).

L'écart type est égal à 31,55 (le coefficient de variation est égale à 40,66 %, indiquant une dispersion des rendements).

Les parcelles de vignes (16, 17, 18) qui ne reçoivent pas de fumure, présentent des rendements faibles (50, 65, 40 q/ha).

Les parcelles de vignes (9, 21, 22) âgées (50, 42, 45 ans), présentent les plus faibles rendements (45, 30, 20 q/ha) et cela malgré l'apport relativement satisfaisant en engrais phospho-potassiques (100 U de P_2O_5 et 125 U de K_2O , l'exemple de la parcelle 21).

Les parcelles de vignes jeunes (13, 14, 15) âgées de 5 ans, en sol argileux, présentent également des rendements faibles (45, 50, 60 q/ha) (Tableau 37).

Tableau 37 : Les rendements en q/ha, les fumures P_2O_5 et K_2O , et l'âge des vignes.

Evaluation de l'état nutritionnel du vignoble de table

Type de sols	Parcelle (P*)	P ₂ O ₅ (U*)	K ₂ O (U*)	Age (ans)	Rendement q/ha	
Argileux	1	120	150	28	100	
	4	120	150	18	100	
	5	120	150	18	120	
	8	140	175	7	140	
	9	140	175	50	45	
	10	50	62,5	27	70	
	11	80	100	8	85	
	13	100	125	5	45	
	14	80	100	5	50	
	15	100	125	5	60	
	22	100	125	42	30	
	28	60	75	8	60	
	Argilo-limoneux	2	120	150	13	115
		3	120	150	18	110
12		60	75	19	100	
19		80	100	18	90	
20		40	50	20	70	
21		100	125	45	20	
23		120	150	35	80	
24		55	75	26	45	
25		140	175	7	70	
26		80	100	8	60	
27		80	100	14	100	
Limoneux argileux	7	140	175	13	120	
	16	0	0	9	50	
	17	0	0	13	65	
	18	0	0	8	40	
Sablo-limoneux	6	140	175	5	130	

U* : Unité fertilisante d'engrais (kg/100 kg d'engrais 0.20.25).

P* : Les dénominations des parcelles (P*) de 1-29 sont données dans l'annexe 31.

La régression multiple nous a permis de mettre en évidence l'influence des fumures phospho-potassiques et de l'âge des vignes sur l'augmentation des rendements :

$$\text{Rendement (Y)} = 2,56 \text{ P}_2\text{O}_5 - 1,72 \text{ K}_2\text{O} - 1,07 \text{ Age} + 61,41.$$

L'analyse de la variance des données de cette enquête est significative au seuil de 95 % (F calculée = 5,79 > F théorique = 0,003) dénotant une différence dans les rendements des vignes en fonction des fumures pratiquées et de l'âge de la vigne. Les rendements sont sensiblement supérieurs en sols argileux (le rendement est de 75,42 q/ha) et argilo-limoneux (le rendement est de 78 q/ha), que dans les sols limoneux argileux (le rendement est de 68,75 q/ha).

Les rendements les plus élevés sont rencontrés dans le sol sablo-limoneux (Parcelle 6 130 q/ha) et dans la parcelle 8 avec un rendement de 140 q/ha (présentant un sol argileux) cette parcelle de vigne est conduite en pergola (vignes hautes, taille mixte).

Il ressort de cette enquête que les apports en engrais sont très hétérogènes d'une parcelle à l'autre.

La fumure phospho-potassique apportée a induit une réponse significative pour l'augmentation des rendements. On propose une fumure d'entretien correspondant à la meilleure réponse de la vigne dans les régions étudiées. La fumure phospho-potassique sera de l'ordre de 700 kg de l'engrais binaire 0.20.25 (140 U P_2O_5 et 175 U K_2O).

6-1- L'azote

Les apports d'engrais azotés sont pratiquement inexistantes. Les analyses de sol et des pétioles ne puissent pas être de bons indicateurs de l'état nutrition azoté de la vigne. Le raisonnement d'un apport azoté doit être réalisé en fonction de l'observation au vignoble (vigueur et rendement) et en s'adaptant aux objectifs de production.

Aussi dans le cas des vignes équilibrées, un apport d'azote est inutile, et à proscrire pour une vigne à vigueur élevée.

Si les conditions pédoclimatiques le permettent, il est conseillé de mettre en place un enherbement permanent, afin de modérer la vigueur de la vigne.

Pour corriger un manque de vigueur, on peut apporter 50 unités d'azote environ par hectare (urée ou ammonitrate). Ces éventuels apports doivent se faire au printemps à partir du débourrement. On utilisera comme engrais une forme azotée rapidement assimilable (urée); la vigne réagissant vite aux apports azotés. Il n'est pas souhaitable d'apporter l'azote en hiver, lorsque la vigne est à l'état de repos végétatif. De plus, avec les pluies d'hiver, le risque de lessivage de cet élément est important augmentant ainsi le risque de pollution des nappes phréatiques.

Dans les sols filtrants, pour limiter ce risque de pollution des nappes et pour augmenter l'efficacité des apports, on fractionne les apports d'engrais azotés ou on utilise des engrais organiques à libération lente.

6-2- Le phosphore

Le niveau de phosphore présent dans la plupart des sols est, en général, largement suffisant pour les besoins de la vigne dans les zones étudiées. De plus les carences phosphoriques sur vigne sont très rares et se limitent principalement à certains sables littoraux.

Les apports sont donc la plupart du temps inutiles. De plus, des fertilisations en phosphore régulières et importantes peuvent être sources de pollution.

Dans la plupart des cas, il est inutile d'apporter du phosphore, dans le cas de teneurs pétiolaires très faibles et lorsque la vigne manifeste un manque de vigueur, un apport au

sol peut être réalisé dans la limite de 140 unités de phosphore (P_2O_5) par hectare.

6-3- Le potassium et le magnésium

Etant donné le fort antagonisme qui existe entre ces deux éléments, les apports doivent être raisonnés ensemble. Une carence en magnésium est bien souvent induite par une sur-fertilisation potassique.

Les éventuelles fumures potassique et magnésienne se basent sur le diagnostic foliaire et pétiolaire ainsi que des observations au vignoble. En l'absence de ces analyses et de symptômes de carences, la fumure d'entretien ne doit pas dépasser les exportations, 150-175 unités par hectare au maximum de K_2O .

Néanmoins, il convient de réaliser régulièrement une analyse foliaire et pétiolaire de contrôle sur des parcelles de référence (tous les trois ans environ). Il est souhaitable de faire ces apports d'entretien au printemps, de façon à éviter le travail de sol en automne et à préserver l'herbe en hiver. Ils peuvent être réalisés en plein, en sous-solage ou sur le rang en localisation.

En cas de carences avérées, l'apport au sol en automne est préférable car ces éléments étant peu mobiles, leur migration dans le sol bénéficie des pluies d'hiver. Il est conseillé de le pratiquer de la façon suivante, soit par sous-solage, soit sur le rang en localisation. L'effet de ces apports au sol n'étant pas toujours rapide, il peut être intéressant de réaliser à partir de la fin floraison 2 à 3 pulvérisations foliaires complémentaires.

6-4- Les oligo-éléments

Globalement, on ne s'intéresse aux oligo-éléments que si l'observation du vignoble montre des carences ou toxicités visibles. La chlorose ferrique est la seule carence qui puisse être chronique, du fait d'une mauvaise adaptation du porte-greffe et/ou du cépage au sol.

Seuls les apports de chélates de fer au sol ont une certaine efficacité (apport du fer EDDHA à raison de 30 g par souche par exemple).

La quantité et la fréquence des apports sont à moduler en fonction de l'intensité de la carence. Des pulvérisations foliaires peuvent être réalisées dans le cas de chloroses sévères pour venir renforcer l'effet lié à l'apport au sol.

Pour les chloroses conjoncturelles, associées à des conditions climatiques peu favorables à l'absorption du fer, les traitements foliaires (trois en général) suffisent parfois pour faire reverdir la vigne. Ces pulvérisations sont d'autant plus efficaces qu'elles sont réalisées tôt, au tout début des symptômes.

Quelques carences en manganèse peuvent être observées, essentiellement sur le Dattier de Beyrouth dans les vignes de plaines. Il est facile de les éliminer en utilisant des spécialités phytosanitaires contenant du manganèse dans les programmes de protection ou en pulvérisant des solutions à base de sulfate de manganèse.

Les carences en bore provoquent la coulure des fleurs, qui touchent souvent le Dattier de Beyrouth., des applications foliaires à base de bore (Borax comme exemple) avant la floraison, donnent en général de bons résultats.

6-5- L'amendement organique

La normalisation des amendements organiques en Algérie est inexistante. Les critères à retenir pour un amendement organique, l'origine (broyage, cuisson, mélange des deux précédents, boues de décalcification des forages), tous les produits doivent mentionner les teneurs en oxyde de calcium (CaO), en oxyde de magnésium (MgO) et leur valeur neutralisante. Pour les produits de broyage, la finesse de mouture et la solubilité carbonique doivent aussi être précisées.

Certains produits, comme les composts de marc de raisin et les fumiers de ferme (fumier pailleux de bovin, ovin ou équin), peuvent être intéressants mais une analyse est indispensable pour les utiliser dans de bonnes conditions.

L'étiquetage doit mentionner les teneurs de l'engrais en éléments minéraux.

Discussions générales

Il ressort de la carte des potentialités viticoles de la grande Kabylie (figure 6, page 20) que les zones les plus plantées en vignes, représentent le plat avec une couleur jaune.

Les parcelles expérimentales de vignes choisies pour ce travail sont implantées sur des sols peu évolués relativement fertiles. Elles sont localisées dans les zones de Bordj-Ménaiel et de Tizi-Ouzou caractérisées par un climat méditerranéen.

L'analyse des sols en parallèle avec le diagnostic foliaire et pétiolaire, nous a permis d'évaluer l'état nutritionnel des vignes retenues en accord avec les normes de différents auteurs dans le monde (Bovay, 1960 ; Delas, 1990 ; Lévy, 1970 ; Loué, 1977 ; Spring *et al.*, 2003). L'étude des balances ioniques entre le potassium et le magnésium, nous a permis de caractériser l'absorption des cations pour l'assemblage, Dattier de Beyrouth greffé sur 41B et SO₄, confirmant les résultats obtenus sur d'autres cépages par Daverede, (1996).

Nous avons pu également déterminer, des relations étroites entre la concentration en éléments minéraux de la solution nutritive et la teneur dans les feuilles (Toumi, 2002).

L'équilibre cationique optimal pour la croissance a été déterminé, c'est celui qui correspond à la solution nutritive témoin et adoptée par Garcia *et al.*, (1999).

Le suivi pluriannuel des vignes dans les zones de Bordj-Ménaiel et de Tizi-Ouzou nous a permis de proposer des normes de nutrition minérale pour le Dattier de Beyrouth greffé sur 41B en accord avec les normes adoptées pour d'autres cépages par différents auteurs (Delas, 1977 ; Loué, 1990 ; Martin-Prevel *et al.*, 1984 ; Spring *et al.*, 2003).

Ces normes de nutrition proposées dans le cadre de ce travail, contribuent à évaluer

l'alimentation minérale du Dattier de Beyrouth greffé sur 41B.

L'alimentation azotée est satisfaisante pour l'ensemble des vignes étudiées. L'alimentation potassique est déficiente pour certaines vignes étudiées.

L'alimentation magnésienne est déficiente pour certaines vignes localisées en grande partie dans la zone de Tizi-Ouzou.

La proposition des formules de fumure d'entretien correspond aux exportations de la vigne dans les zones étudiées.

La fumure phospho-potassique est en général apportée par l'ensemble des vignerons dans les zones viticoles étudiées.

La fumure azotée n'est pas apportée dans l'ensemble des vignes étudiées.

Bien que la vigne de table ne soit pas exigeante en fumure, il est nécessaire d'effectuer des apports d'entretien qui répondent aux besoins de la plante et permettent d'assurer un rendement satisfaisant et une production de qualité (Spring *et al.*, 2003).

Les différentes parcelles étudiées (tableau 37) reçoivent une fumure minérale très hétérogène. Elle varie de 0-300 kg d'urée/ha/an et entre 300-600 kg d'engrais phospho-potassique 0.20.25 par hectare et par an.

On propose une formule de fumure (entretien) permettant l'obtention des meilleurs rendements dans les zones étudiées de l'ordre de: 50 U N, 140 U P₂O₅ et 175 U K₂O, qui correspond à une formule de fumure de type 1 - 2,8 - 3,5.

Un amendement organique tous les trois ans de l'ordre de 10-15 t/ha (compost urbain, fumier de ferme, compost naturel). A défaut de ces apports, on propose l'enfouissement des sarments broyés (Toumi, 1988).

A noter que la vigne de table des régions étudiées, présente des rendements faibles et cela par manque des amendements organiques au sol et à une absence d'une fertilisation raisonnée (Les rendements varient entre 20 à 140 q/ha pour le Dattier de Beyrouth).

Conclusion générale

Les potentialités viticoles des différentes zones de la grande Kabylie ont été réalisées par cartographie numérique. Les facteurs retenus et prépondérants pour l'obtention de raisin de qualité concernent l'exposition, l'érodabilité, la pente. Dans la zone la plus homogène du point de vue climatique, sur chacune des parcelles viticoles retenues a été effectué un suivi agronomique par analyses des différentes couches et diagnostic foliaire et pétiolaire.

En vue de mieux connaître la physiologie de la nutrition du Dattier de Beyrouth et de ses réactions sur les deux porte greffes les plus utilisés dans ce vignoble de grande Kabylie deux expérimentations ont été effectuées en culture hors sol, technique de courte durée qui permet comme l'a déjà démontré (Garcia *et al.*, 1999), de mettre en évidence les corrélations entre les éléments minéraux de la solution nutritive et des feuilles ainsi que les interactions ioniques. L'étude des résultats de la physiologie de la nutrition cationique, du Dattier de Beyrouth, différents de ceux obtenus dans les mêmes conditions de culture en laboratoire sur d'autres cépages, montrent tout l'intérêt d'étudier chaque cépage et chaque assemblage (porte greffe – cépage), si on veut mieux appréhender les besoins en éléments minéraux et ainsi pratiquer une fertilisation raisonnée. Les vignes situées dans les plaines développées sur sols argilo-limoneux à limono-argileux présentent un bilan nutritionnel satisfaisant par rapport aux vignes situées en sols argileux de coteaux, à cause notamment du fort déficit hydrique en sol argileux et ses conséquences probables dans l'assimilabilité des éléments nutritifs et les dommages causés au système racinaire de la vigne.

Ce travail mené sur le suivi agronomique à travers des enquêtes pluriannuelles

d'analyses foliaires, nous révèle que d'une manière générale, le vignoble Dattier de Beyrouth greffé sur 41B présente un bilan nutritionnel satisfaisant comparativement aux normes internationales et aux seuils de nutrition minérale proposés dans le cadre de ce travail.

L'intérêt prospectif de la démarche adoptée dans le cadre de ce travail est très important pour jeter les bases d'une approche technique et économique du développement du raisin de table en Algérie. Les paramètres essentiels de développement de cette spéculation sont en effet étudiés, identification des critères de détermination, bases des relations sol-plante proposition des normes d'interprétation. Ce travail offre des perspectives de recherche dans le zonage viticole à grande échelle permettant de définir d'aires viticoles et des terroirs caractéristiques pour chaque cépage. Des études physiologiques complémentaires en hors sol des équilibres cationiques des différents assemblages porte greffes/greffons. L'analyse des sols et du végétal permet de pratiquer une fertilisation raisonnée pour une viticulture durable.

Bibliographie

- Aigrain P., (2003). Note de conjoncture mondiale. Bulletin de l'O.I.V., 867-868, p. 424-454.
- Aldebert P., (1958). Les courbes de référence pour l'application du diagnostic foliaire en Algérie. Bull. OIV 31 : 19-23.
- Asselin C., Barbeau G., Morlat R., (2001). Approche de la composante climatique à diverses échelles dans le zonage viticole. Bulletin O.I.V., vol. 74, n° 843-844. pp. 301-318.
- Asselin C., Barbeau G., Morlat R., (2003). Les terroirs viticoles : du concept au produit. In «Terroir, Zonazione, Viticoltura. Trattado internazionale» de Mario Fregoni, Danny Schuster et Andrea Paoletti. Phytoline Editore. 648 p.
- Astruc H., Héritier J. et Jacquinet J-C, (1980). Zonage des potentialités agricoles, méthode appliquée à la viticulture, Chambre agric. Aude, 55 p.
- Bacarella A. et Fardella G. G., (1992). Les problèmes spécifiques aux filières des différents produits méditerranéens dans les échanges internationaux : le raisin de table. Options méditerranéennes, Sér. A/n°19, 211-217.
- Baeyens J., (1967). Nutrition des plantes de culture. Ed. Nauwelaerts. Louvain 649 p.
- Bagnouls F et Gausson H., (1955). Saison et indice xérothermique. Doc. Cart. Prod. Vég. Serv. Gén. II, 1, art. VIII, Toulouse 1953 : 47 p. + 1 carte.
- Bary-Lenger A, Evrard R, Gathy P., (1979). La forêt.Liège : Vaillant-Carmane S,

imprimeur 611 p.

- Basler A., (2000). L'environnement international pour le développement de l'arboriculture et la viticulture en Algérie. Deutsche Gesellschaft Technische Zusammenarbeit, 70 p.
- Beattie J.M. et Forschey, (1954). A survey of the nutrient element status of concord grapes in Ohio. Proc. Amer. Hort. Sci., 64, 22-28.
- Bedrani S., (2005). Rapport annuel. Algérie. CIHEAM. Agri. Med. 37 p.
- Bentchikou, M.M., (1987). Appréciation de l'alimentation minérale du vignoble d'appellation d'origine garantie (V.A.O.G) de Mascara (Algérie). Connaissance vigne vin, 21, 1, p. 13-22.
- Belkadi M., (1986). Influence du mode de conduite et de la charge sur la fructification du cépage Dattier de Beyrouth dans la région des Issers. Thèse ingénieur I.N.A El Harrach 79 p.
- Benabderrabou A., (1972). Contribution à l'étude de la fertilité de la vigne. Dijon, laboratoire de botanique appliquée thèse D.E.A, 37 p.
- Bensaber K., (1989). Influence de la variation de la charge sur la fertilité, la croissance des rameaux et la productivité des souches chez le Dattier de Beyrouth dans les conditions pédoclimatiques de la région de Médéa. Thèse ingénieur I.N.A El Harrach 57 p.
- Bergman E., (1958). A comparaison between petiole and stem analysis of concord grapes. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 71, 177-182.
- Beringer H., (1979). Functions of potassium in yield formation. I.I.T.A, I.P.A, 58-66.
- Bertoni G., (1982). Influence des interactions cationiques sur la nutrition minérale et la qualité du Chasselas de Moissac, raisin de table. Thèse Docteur Ingénieur, INP ENSA Toulouse 146 p.
- Bertoni G. et Morard P., (1988). Alimentation potassique et qualité du Chasselas de table. Connaissance Vigne et Vin. 22, N°2, 93-103.
- Besnard E., Goulet E., Rioux D., Cesbron S., Morlat R., (2002). Etude et valorisation des terroirs viticoles en Val de Loire. 4^{ème} symposium international d'Avignon, zonage vitivinicole.
- Bovay E., (1960). Le diagnostic foliaire, moyen de contrôle de la nutrition de la vigne. Vignes et vins. 88 : 33-35.
- Brechbuhler C., (1975). Mise au point sur le dessèchement de la rafle. Connaissance Vigne et vin, 220 : 13-20.
- Cahoon G.A., (1985). Potassium nutrition of grapes. In : MUNSON, R.D. (ed.): Potassium in agriculture. A.S.A., Madison, Wisconsin, USA.
- Cam C., Vital P., Fort J.-L., Lagacherie Ph., Morlat R., (2003). Un zonage viticole appliqué basé sur la méthode des secteurs de référence, en vignoble de Cognac (France). Etude et Gestion des Sols, 10, 1, 35-42
- Carbonneau A., (2003). Architectures de la vigne et systèmes de conduite. Collection Pratiques vitivinicoles. 208 p.
- Carles J., (1965). De l'influence du pétiole sur la composition du limbe de la feuille de

- vigne. Vignes et vins. 137 : 32-34
- Champagnol F., (1977). Contrôle de la nutrition minérale de la vigne. Les tests NPK au vignoble. Progrès Agricole et Viticole. 21 : 616-617.
- Champagnol F., (1978). Fertilisation optimale de la vigne. Le Progrès Agricole et Viticole 15- 16: 423-440.
- Champagnol F., (1984). Eléments de physiologie de la vigne et la viticulture générale. Ed. Dehan. Montpellier 351 p.
- Christensen L. Peter, Peacock William L., and Bianchi Mary L., (1991). Potassium Fertilization of Thompson Seedless Grapevines Using Fertilizer Sources Under Drip Irrigation. Am. J. Enol. Vitic. 42:3:227-232
- Coic Y. et Lesaint C., (1975). La nutrition minérale et en eau des plantes en horticulture avancée. Documentation Technique SCPA, 70 p.
- Cordeau J., (1993). Richesse en sucres et porte greffes. Progrès Agricole et Viticole, 110 207-212.
- Cumming's G.A., (1977). Variation in the concentration of certain elements in Muscadine grape leaves related to season leaf portion and age. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 102, 339- 342.
- Davenport Joan R., Marden Jaimi M., Mills Lynn J., and Hattendorf Mary J., (2003). Response of Concord Grape to Variable Rate Nutrient Management Am. J. Enol. Vitic. 54:4:286-293
- Daverede C., (1996). Influence de différents équilibres K-Ca sur la nutrition cationique et le manque d'acidité des moûts et des vins du cépage Negrette (*Vitis vinifera* L.) greffé sur 101.14, cultivé en hors sol. Thèse Doctorat, INP ENSA Toulouse.
- Daverede C., (1997). Influence de différents équilibres cationiques (K-Ca) sur la nutrition potassique de la négrette *Vitis vinifera* L. greffée sur 101.14. Agrochimica, Vol. XLI 1-2, p. 2-7.
- Debrach J., (1953). Notes sur les climats du Maroc occidental. Maroc méridional ; 32 : 1122- 1134.
- Delas J., (1968). Etude par analyse foliaire, de la carence en magnésium dans le vignoble Bordelais. 2^{ème} colloque europ. Et méditer. Contr. Fertl. Pl. Cult. : 343-350.
- Delas J. et Molot C., (1968). Traitement de la carence en magnésium dans le vignoble Bordelais. Résultats de quatre ans d'essais, C.R. Acad. Agric. Fr., 54, 279-290.
- Delas J., (1979). Les interactions greffons porte greffes sur la nutrition minérale de la vigne (Variété Grenache). Progrès Agricole et Viticole, 15(6) : 604-607.
- Delas J. et Pouget R., (1984). Action de la concentration de la solution nutritive sur quelques caractéristiques physiologiques chez *Vitis vinifera* L. C.V. «Cabernet Sauvignon ». Composition minérale des organes végétatifs, du moût et du vin. Agronomie, 4 (5) 443-450.
- Delas J., (1986). Influence d'une fertilisation azotée excessive, du porte greffe et de la charge sur le comportement du merlot en sol de graves du Bordelais. Second symposium sur la physiologie de la vigne. Sofia. Bulgarie pp. 440-449
- Delas J. (1987). La fumure de la vigne. Extrait de la revue le paysan. 833 et 834 : 1-4.

- Delas J. (1990). Limites du diagnostic foliaire. *Progrès Agricole et Viticole*, 18 : 402-404.
- Delas J., (1991). Diagnostic foliaire. Aspect historique, pratique actuelle. *Progrès Agricole et Viticole*. 107 : 399-402.
- Delmas J., (1971). Nutrition minérale, application aux fumures de blé et de la vigne. Application de la méthode des greffages réciproques à l'étude de la nutrition minérale. *Agronomie* 2 : 231 - 242.
- Dietrich J-V., Lévy J.F., Brechbuhler Ch., (1964). Problèmes de la fertilisation dans le vignoble alsacien, 1^{er} Coll. Contr. Nutr. Min. et Fert. Médit., 181-185
- Dolédéc A. F., Girard M.C, Moncomble D., Panigai L., (1996). Caractérisation des terroirs viticoles champenois. 1^{er} Col. Inter. Les Terroirs viticoles. Angers, France, 57-63.
- Doux C., Garcia M., De Monpezat G., (1985). Réponse du vignoble méditerranéen à deux situations de sols sans réserve calciques. Essai d'explication géoclimatique. *Progrès Agricole et Viticole*, 102 (15-16), 366-373.
- Duchaufour P., (2001). Introduction à la science du sol. Sol, végétation, environnement. 6^e édition de l'Abrégé de Pédologie. Dunod, Paris, 331 p.
- Durand-Delga A., (1980). La Méditerranée occidentale : étapes de sa genèse et problèmes structuraux liés à celle-ci. Livre Jubilaire de la Soc. géol. de France, Mém. h-s. 10 203-224. Paris.
- Durand-Delga M. and Fontbote J. M., (1980). Le cadre structural de la Méditerranée occidentale. Publ. 26^{ème} Congr. Géol. Intern. Paris, colloque C 5, thème C-5-2 Les chaînes peri-méditerranéennes, 71-101. Paris.
- Duthil J., (1973). Eléments d'écologie et d'agronomie. Tome III. Editions J-B. Baillièrre, Paris 656 p.
- Emberger L., (1942). Un projet de classification des climats du point de vue phytogéographique. *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse* 1942 ; 77 : 97-124.
- Emberger L., (1955). Une classification biogéographique des climats. *Trav. Lab. Bot. Zool. Fac. Sci. Serv. Bot. Montpellier* ; 7 : 3-43.
- Fregoni M., (1985). Exigences d'éléments nutritifs en viticulture. *Bulletin de l'OIV*, 650-651 416-434.
- Galet P., (1988). Précis de viticulture. 5^{ème} édition. Montpellier Imp. Dehan 612 p.
- Galet P., (1991). Précis d'ampélographie pratique. Montpellier. Imp. Dehan 255 p.
- Galet P., (1993). Précis de viticulture. 6^{ème} édition. Montpellier. Imp. Dehan 582 p.
- Garcia M., Doux C. et De Monpezat G., (1984). Alimentation minérale de la vigne en sol calcaire. Essai d'explication géo-climatique. 4^{ème} colloque International sur l'optimisation de la nutrition des plantes, Montpellier, France, 899-906.
- Garcia M. et Charbadji T., (1993). Effect of sodium chloride on cation equilibria in grapevine. *Journal of plant nutrition*, 16(11) 2225-2237.
- Garcia M., Daverede C., Gallego P., and Toumi M., (1999). Effect of various Potassium Calcium Ratios on Cation Nutrition of Grape Grown Hydroponically. *Plant of nutrition*. Vol. 22, N.2, 417-425.
- Gouaux P. et Tosca C., (1994). Zonage agro-écologique d'un terroir viticole (Commune

- de Gondrin, France). Conférence internationale, Environnement et qualité de la vie en Europe centrale, Prague 22-26 août 1994, Poster Conférence Abstracts page 50, 3 Annexes et 3 Cartes.
- Gros A., (1979). Engrais, guide pratique de la fertilisation. Ed. De la maison rustique. 7^é édition 382 p.
- Homés M. V. L., (1961). L'alimentation minérale équilibrée des végétaux. L'alimentation sur milieux dépourvus de fertilité naturelle. Ed. UNIVERSA, Wetteren (Belgique), 124 p.
- Huglin P., (1986). Biologie et écologie de la vigne. Editions Payot Lausanne. Technique & Documentation, Paris. 371 p.
- Huguet C., (1977). Effets du potassium sur le comportement de la vigne. Progrès Agricole et Viticole. 21 : 612-614.
- Kechad D., (1995). Contrôle de la nutrition minérale du vignoble de table (Variété Dattier de Beyrouth greffée sur 41 B) des régions de Tizi-Ouzou et de Bordj-Ménaïel (Wilaya Boumerdès) par le biais du diagnostic foliaire et d'un suivi d'un essai de fertilisation potassique. Thèse Magistère. Université de Tizi-Ouzou. Institut d'Agronomie. 157 p.
- Khellil A., (1972). Etude de la fertilité des bourgeons latents de deux variétés de *Vitis vinifera*, Dattier de Beyrouth, Ahmer bou Ameer. Thèse ingénieur I.N.A El Harrach. 39 p.
- Kotanski Z., Gierlinski G. and Ptaszynski T., (2004). Reptile tracks (*Rotodactylus*) from the Middle Triassic of the Djurdjura Mountains in Algeria. Geological Quarterly, 48 (1) 89-96.
- Lacouture J. et Cantagrel R., (1987). Etude des caractéristiques des facteurs naturels du terroir, Charentais et de leur potentiel agronomique. Revue Le Paysan n° 833-834.
- Lagatu H. et Maume L., (1924). Etude, par l'analyse périodique des feuilles, de l'influence des engrais de chaux, de magnésie et de potasse sur la vigne. C.R. Acad. Sci., Paris, 179 932 - 934.
- Le-Houerou HN, Claudin J, Pouget M., (1977). Etude bioclimatique des steppes algériennes avec une carte bioclimatique au 1/1 000 000. Bul. Soc. Hist. Afri. Nord : 36-40.
- Levadoux L, Benabderrabou A., Douaouri B., (1971). Ampélographie Algérienne. Cépages de cuve et de table cultivés en Algérie. SNED 119 p.
- Lévy J.F., (1967). L'application du diagnostic foliaire à la détermination des besoins alimentaires des vignes, 2^{éme} coll. europ. et médit. contr. fert. Pl. Cult., 295-305 Vignes et vins, 157, 23-31.
- Lévy J.F., (1964 a). Potassium échangeable du sol, potassium absorbé par la plante et texture des sols. Revue de la Potasse, 311, 9-15.
- Lévy J.F., (1964 b). Identification et étude par l'analyse foliaire de quelques carences alimentaires de la vigne. 1^{er} Contr. Nutr. Min. et Fert. Cult. Méditer. 220-226.
- Lévy J.F., (1970). Composition minérale des feuilles et alimentation de la vigne. Vignes et vins. 187 : 12-17.

- Lévy JF., Chaler C., Camhadji E., et Hego C., (1972). Nouvelle étude statistique des relations entre la composition minérale des feuilles et les conditions d'alimentation de la vigne. *Vignes et vins*, 212,140, 17-21.
- Loué A., (1968). Le diagnostic foliaire du blé : ses difficultés en ce qui concerne en particulier le potassium dans les essais factoriels azote x potassium. 2^{ème} col. *Int. Fert. Pltes Cult. Séville* 849-863.
- Loué A., (1976). Etudes des liaisons entre le diagnostic foliaire et l'analyse du sol dans le traitement d'une enquête sur la nutrition de la vigne, 4^{ème} coll. intern. *Contr. Alim. Pl. Cult. II* 255-268.
- Loué A., (1977). Le contrôle de la nutrition minérale de la vigne et plus particulièrement potassique de la vigne par l'analyse du végétal. Liaison avec l'analyse du sol. *Progrès Agricole et Viticole*, 21, 614-656.
- Loué A., (1990). Le diagnostic foliaire (Ou pétiolaire) dans les enquêtes de nutrition minérale des vignes. *Progrès Agricole et Viticole*, 107, (20) : 439-543.
- Marocke R., (1977). Données concernant les exportations en éléments fertilisants de la vigne et un essai de fumure. Communication au symposium international sur la qualité de la vendange. Capetown, 164-173.
- MADR, (2003). Rapport annuel. 30 p.
- Marschner H., (1997). Mineral nutrition of higher plants. Academic press limited, London second Ed., 889 p.
- Martin Prevel P, Gagnard J., Gautier P., (1984). L'analyse végétale dans le contrôle de l'alimentation minérale des plantes tempérées et tropicales. Ed., Technique et Documentation (Lavoisier), 810 P.
- Mazliak P., (1981). Physiologie végétale. Nutrition et métabolisme. Collection Hermann. Paris 349 p.
- Mengel K. Kirbey E.A, (1987). Principes of plant nutrition. Ed. International Potash Institute. Suisse 687 p.
- Morard P, (1995). Les cultures végétales hors sol. Publications agricoles, Agen. 303 p.
- Morlat R. et Salette J., (1977). Paramètres du milieu et caractérisation du terroir en zone viticole de cru. Application aux vignobles rouges de la moyenne Vallée de la Loire. *Vignes et Vins*, N° spécial «Agrométéorologie et Vignes»: 64-72.
- Morlat R., (1989). Le terroir viticole: contribution à l'étude de sa caractérisation et de son influence sur les vins. Application aux vignobles rouge de Moyenne Vallée de la Loire. PhD Thesis, University of Bordeaux II. 289 pp + annexes.
- Morlat R., (1996). Eléments importants d'une méthodologie de caractérisation des facteurs naturels du terroir, en relation avec la réponse de la vigne à travers le vin. In : Actes du colloque sur les terroirs - Angers. pp 17-31.
- Morlat R., Barbeau G., Asselin C., Bodin F., (2000). Caractéristiques physiques et agronomiques des principaux terroirs viticoles de l'Anjou (France). Conséquences pour la viticulture. 3^{er} Simposio Internacional Zonificacion Vitivinicola - Puerto de la Cruz - Tenerife. Tomo II, Seccion 1, Comunicacion 11.
- Muntz A., (1895). Les vignes. Berger. Levrault et Cie, Paris, 577 p.

-
- ONS, (2003). Indice de la production agricole 2000. Données statistiques, bulletin n° 317.
- Peuke Andreas D., (2000). The Chemical Composition of Xylem Sap in *Vitis vinifera* L. cv. Riesling During Vegetative Growth on Three Different Franconian Vineyard Soils and as Influenced by Nitrogen Fertilizer. *Am. J. Enol. Vitic.* 51:4:329-339
- Reynier A., (1986). Manuel de viticulture. 4^{ème} édition. Techniques et documentation. Lavoisier. Ed. J.B. Baillière 406 p.
- Ribereau-Gayon J. et Peynaud E., (1980). Sciences et techniques de la vigne. Tome 1. Ed. Dunod, Paris. 725 p.
- Riou C., Morlat R., Asselin C., (1995). Une approche intégrée des terroirs viticoles. Discussions sur les critères de caractérisation accessibles. Bulletin de l'OIV, 767-768 93-106.
- Rochaix M., (1970). La fumure de la vigne. Normes pour la Suisse Romande. *Revue Suisse Vitic. et Arboric.*, 11, 127-131.
- Rodriguez-Lovelle B. et Fabre F., (2000). Etude des potentialités des terroirs viticoles : une démarche globale en zone A.O.C. l'exemple des Côtes du Rhône. Actes du colloque du 9 au 12 mai 2000 : 3^{ème} Simposio Internacional Zonificacion Vitivinicola - Puerto de la Cruz - Tenerife. Tomo IV, Seccion 4, Comunicacion 4.
- Roumbas N., (1983). Le vignoble de Chypre, parcelles expérimentales, climats, sols, et alimentation en eau de la vigne. *Connaissance Vigne et vins.* 17: 1-30.
- Ryser J.P., (1989). Foliar diagnosis as a tool in achieving quality. 21th colloquium of the international Potash Institute. Louvain la Neuve. Belgium pp 285-293.
- Salsac L., (1977). Le potassium et la vigne. Localisation, absorption, transport et rôle physiologique de l'ion K⁺ chez les végétaux. *Progrès agricole et viticole.* 21 : 611 612.
- Seltzer P., (1946). Le climat de l'Algérie. Alger : Carbonel, 219 p.
- Simon J.L., (1970). La lutte contre la carence magnésienne du vignoble. *Revue Suisse. Vitic. et arbo.* 2 : 123-126.
- Snoussi S. A. et Halitim A., (1998). Valorisation des eaux salines pour la nutrition minérale des plantes cultivées. *Etude et gestion des sols*, 5, 4, p. 289-298.
- Soltner P., (1996). Les bases de la production végétale. Tome I. Le sol et son amélioration. Col. Sciences et techniques agricoles. 21^e Ed., 464 p.
- Spring J-I., Ryser J-P; Schwazz J.J., Basler; P., Bertschinger L., Häseli A., (2003). Données de base pour la fumure en viticulture. *Revue suisse Vitic. Arboric.* Vol, 35(4), 3-24.
- Stewart P., (1969). Quotient pluviothermique et dégradation biosphérique. *Bull Soc Hist Nat Afri Nord*, 59 : 23-36.
- Thiébaud J., (1951). Les terrains cristallophylliens des massifs de Ménerville et de Grande Kabylie : carte géologique - 1:200 000.- [Alger] : Service de la carte géologique de l'Algérie 1 carte : en coul. Extr. de : Bulletin du Service de la carte géologique de l'Algérie. 5^{ème} Série ndeg. 61.
- Toumi M., (1988). Appréciation de l'alimentation minérale du vignoble de la région de
-

- Bordj Ménaïel. Thèse de Magistère. INA El Harrach Alger.
- Toumi M., (1994). Evaluation de l'état nutritionnel en oligo-éléments de la vigne de table de la région de Bordj-Ménaïel (Variété Dattier de Beyrouth). Annales de l'Institut National Agronomique (El- Harrach). Volume 15, N° 1-2. P.88-102.
- Toumi M., (1997). Application de l'enquête globale pour la détermination des zones de la nutrition minérale du vignoble de table dans la région de Bordj-Ménaïel et de Tizi Ouzou. Annales de l'Institut National Agronomique (El- Harrach). Volume 18, N°2. P. 62-72.
- Toumi M., Garcia M., Halitim A., Daverede C.,(2002). Influence des équilibres ioniques potassium-magnésium sur la nutrition minérale du cépage Dattier de Beyrouth *Vitis vinifera* L. greffé sur 41 B. *Agrochimica*, Vol.XLVI-N 3-4, p. 116-122.
- Van Leeuwen C., (1989). Carte des sols du vignoble de Saint-Émilion. Syndicat viticole de Saint-Émilion. 92 pages.
- Van Leeuwen C et Seguin G., (1996). Incidence de la nature du sol et du cépage sur la maturation du raisin, à Saint Émilion, en 1995. 1^{er} Col. Intern. Les terroirs viticoles. Angers France, 154-160.
- Van Leeuwen C., Tregoat O., Chonem -E. Jaeck X., Rabusseau S. Gaudillère J.-P, (2003). Le suivi du régime hydrique de la vigne et son incidence sur la maturation du raisin. *Bulletin O.I.V.*, vol. 76, n° 867-868, pp. 367-378.
- Vaudour E., (2003) Les terroirs viticoles. Définitions, caractérisation et protection. Ed. Dunod, Paris, 293 p.
- Vidaud J., Charmont S., Wagner R., (1993). Le raisin de table. Ed. Ctifl, 263 p.
- Vignes D., Brustet J.M, Sarthou PH., Gouaux P., (1992). Gisement solaire et implantation d'une vigne (Application à la commune de Madiran). Extrait de la revue *Technique* N° 12, 18-22.
- Vignes D., Tosca C., Gouaux P., Devlaeminck V., Lacombe E., Cauquil C., (1993). Etude de faisabilité du zonage agro écologique d'un terroir viticole (Mons-Gondrin-Gers), 39, 3 annexes, 3 cartes.

ANNEXES

Annexe 1 : Méthodes d'analyses physico-chimiques des sols

Les échantillons sont séchés à température ambiante. Ils ont été ensuite tamisés à 2 mm. La terre fine ($\phi < 2$ mm) est séparée des éléments grossiers (graviers et éventuellement des débris organiques). Les analyses physiques et chimiques ont été faites sur cette partie fine.

L'analyse granulométrique est déterminée à l'aide de la méthode internationale: prélèvements de la fraction fine à la pipette de Robinson; et tamisage des fractions sableuses.

Le calcaire total est effectué selon la méthode du calcimètre de Bernard. Le calcaire actif selon la méthode Drouineau Galet.

Le phosphore assimilable est dosé par colorimétrie selon la méthode de Truog. Le potassium échangeable est effectué par extraction à l'acétate d' NH_4^+ 1N à pH7.

L'azote total est dosé selon la méthode Kjeldahl.

Le carbone est déterminé selon la méthode Anne.

Les Bases échangeables sont extraites par percolation en présence d'acétate d'ammonium Dosage du Ca, Mg, par absorption atomique et du Na, K par photométrie de flamme.

La capacité d'échange cationique (T) est déterminée par l'extraction des ions ammonium (NH₄⁺) fixés sur le complexe absorbant par le chlorure de sodium et distillation de l'NH₄⁺.

Le pH : mise en suspension de 10 g de sol dans 25 ml d'eau distillée (pH_{eau}) ou dans 25 ml de KCl (pH_{KCl}), agitation et mesure des pH (AFNOR, X 31-103, 1994).

Annexe 2: Analyses physiques des sols de la région de Bordj-Ménaïel

Prof	pH	pH _{KCl}	Cationiques			
			Ca	Mg	Na+K	T
1	0-20	8	20	16	15	4
	21-40	21	25	28	28	6
	41-60	6	22	21	2	20
2	0-20	8	22	16	-	-
	21-40	24	20	19	24	4
	41-60	9	25	28	2	21
3	0-20	4	25	12	2	-
	21-40	19	21	28	20	2
	41-60	41	20	12	4	-
4	0-20	62	28	4	4	0
	21-40	68	24	2	2	0
	41-60	64	27	2	2	0
5	0-20	50	22	6	2	2
	21-40	31	22	12	2	6
	41-60	22	24	24	2	12
6	0-20	11	22	2	22	24
	21-40	18	4	2	41	22
	41-60	14	22	21	22	2
7	0-20	28	22	1	11	22
	21-40	18	22	22	22	0
	41-60	12	22	28	10	22
8	0-20	22	27	6	2	4
	21-40	28	22	2	2	2
	41-60	24	22	2	2	2
9	0-20	22	22	14	14	2
	21-40	11	22	22	22	2
	41-60	4	22	22	4	22
10	0-20	22	22	4	4	2
	21-40	22	22	1	2	0
	41-60	21	22	4	4	0
11	0-20	22	22	2	12	2
	21-40	22	22	4	12	2
	41-60	22	22	12	11	2
12	0-20	42	22	12	11	2
	21-40	22	22	22	12	2
	41-60	6	22	21	2	22
13	0-20	22	22	6	2	2
	21-40	22	22	22	11	-
	41-60	10	22	42	2	2
14	0-20	42	22	12	12	2
	21-40	22	22	2	2	6
	41-60	22	22	12	12	-
15	0-20	22	22	4	2	2
	21-40	22	22	1	2	0
	41-60	22	22	2	4	0

P*	Prof. (en cm)	Grais/centimetre				
		N%	LP%	LG%	ZF	SG%
16	0-20	54	22	19,3	1,58	2,13
	20-40	51,2	16	26	1,30	2,10
	40-60	51,2	12,5	22,4	1,27	1,90
17	0-20	50	21,5	20,0	1,49	2,00
	20-40	51,2	15	25,2	1,28	2,20
	40-60	55	17,5	25,0	1,21	1,60
18	0-20	50	21,5	22,2	1,37	1,90
	20-40	52	17	28,7	1,22	1,20
	40-60	51	15	29,5	1,14	1,11
	0-70	53	23,5	19,4	1,22	1,58
19	0-20	54	18,5	26,0	1,22	1,64
	40-60	54,5	13	35,3	1,52	1,52
	0-70	53	21	20	21,3	1,27
20	0-20	52	16,5	24,5	2,22	1,55
	40-60	53	12,5	12,5	1,22	1,24
	0-70	53	20,5	14	1,3	1,55
21	0-20	51,5	15,5	16	1,4	1,24
	40-60	53	12,5	11,5	1,27	1,3
	0-20	51	14	12,3	2,22	2,04
22	0-20	52,5	12	3,65	1,31	1,24
	20-40	52	11,5	2,88	1,27	2,82
	40-60	52	11,5	2,88	1,27	2,82
23	0-20	48,2	12,5	22,1	2,22	2,5
	20-40	53	11,5	0,08	1,31	1,22
	40-60	62,2	4,5	11,29	3,22	12,46
24	0-20	55	21,5	21,6	1,16	2,02
	20-40	56,6	4	26,62	2,11	14,22
	40-60	52	11	1,22	1,55	1,22
25	0-20	54,2	10	22,2	2,11	1,12
	20-40	52	11,5	3,22	1,22	1,20
	40-60	20,2	10	0,33	2,22	12,21
	0-20	51,2	10,2	15,2	12,22	2,22
26	0-20	53	4,5	22	14,22	1,2
	20-40	53	4,5	22	14,22	1,2
	40-60	27	8,5	18,2	14,2	1,22
27	0-20	53	14,5	33,3	1,22	4,22
	20-40	32	5	42,5	1,22	2,22
	40-60	24	5	22,5	12,22	10,22
28	0-20	51	15	5,22	1,22	4,22
	20-40	51,2	14,5	2,22	2,1	2,22
	40-60	22	10	22,2	2,5	2,22
29	0-20	51	44	15,13	2	2,22
	20-40	52,2	12	12,2	2,22	4,22
	40-60	58,5	12	1,22	1,22	1,51

Les dénominations des parcelles (P*) de 16 à 29 sont données en annexe 31

Annexe 5 : Analyses chimiques des sols de Tizi-Ouzou (P* : n° des parcelles)

pH	S _{tot} , ‰	C _{org}				C _{tot}				C _{org} /C _{tot}				C _{org} , ‰	C _{tot} , ‰	C _{org} /C _{tot}	C _{org} /C _{tot}	C _{org} /C _{tot}	
		0-20	20-40	40-60	60-100	0-20	20-40	40-60	60-100	0-20	20-40	40-60	60-100						
	0-20	0,2	1,0	2,25	15,0	154	9	0	16,0	10,0	1,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
	20-40	8,2	0,8	2,21	14,2	121	101	45,28	19,2	4,21	1,21	1,00	40,3	2,26	6,27				
	0-60	6,2	0,8	3,07	19,0	11	9	15	16,0	4,0	1,2	1,00	43,0	2,30	6,30				
7	0-20	8,8	1,2	0	15,2	141	111	115	13,2	6,01	1,01	1,00	31	7,83	7,27				
	20-40	7,5	0,7	0,9	13,9	111	91	11,60	14,0	5,71	1,1	1,00	21	7,49	6,25				
	10-60	6,2	0,7	1,01	11,2	121	97	66,7	16,2	6,21	1,01	1,20	21	7,63	7,24				
	0-20	10,2	1,3	1,05	18,2	121	101	25,9	11,0	8,01	1,01	1,00	31	7,83	7,27				
18	20-40	7,3	0,9	1	12,2	162	87	113	14,0	3,71	1,31	1,00	21	7,49	6,25				
	40-60	6,9	0,9	1,67	11,9	131	101	130	16,2	6,21	1,01	1,20	21	7,63	7,24				
	0-20	7,0	0,0	1,02	13,0	141	7	6	11	7,0	9	1,00	21	7,69	7,17				
19	20-40	6,3	0,8	1,13	11,2	111	81	30	19,2	8,01	1,01	1,00	21	7,69	7,24				
	0-60	5,5	0,7	1,82	11,3	121	91	5	17,0	3,11	1,6	1,00	11	7,63	7,24				
	0-20	9,3	1,1	1,61	16,3	121	101	129	13,0	5,01	1,01	1,20	21	7,87	7,20				
20	20-40	0,1	0,9	1,25	14,1	121	111	50	17,1	6,0	1,3	1,30	11	7,4	6,23				
	10-60	17,2	0,8	1,12	11,2	127	91	28,24	10,0	3,31	1,01	1,60	31	7,30	7,16				
	0-20	7,6	1,0	1,61	13,1	167	107	146	10,1	7,07	1,47	1,00	31	7,84	7,20				
21	20-40	7,3	0,9	1	12,2	142	86	15	17,2	6,01	1,01	1,20	13	7,41	6,23				
	40-60	6,7	0,8	1,31	11,3	157	117	15	13,9	3,01	1,21	1,00	21	7,29	7,26				
	0-20	5,8	0,7	1,25	10,0	113	10	16	14,7	7,01	1,61	1,00	21	7,73	7,23				
22	20-40	6,0	0,7	1,37	10,3	113	15,0	36	16,3	5,71	1,71	1,00	31	7,69	7,24				
	0-60	1,7	0,6	19,1	17,7	301	11	43	11,7	0,61	1,01	1,40	11	7,40	7,17				
	0-20	9,2	1,1	1,32	19,8	181	111	19	17,3	3,31	1,81	1,13	31	7,86	7,24				
23	20-40	5,6	0,9	1,25	13,0	161	121	40	16,6	4,0	1,3	1,30	11	7,34	7,23				
	10-60	11,2	0,7	13,2	7,6	182	112	15	19,7	1,21	1,81	1,43	31	7,69	7,23				
	0-20	10,7	1,0	0,9	10,9	301	12	19	14,2	1,9	9	1,00	21	7,14	7,17				
24	20-40	8,2	1,0	9	17,3	137	112	31	10,8	1,31	1,61	1,00	31	7,20	7,23				
	40-60	13,2	0,8	12,2	17,0	161	111	41	10,6	1,81	1,01	1,20	31	7,20	7,22				
	0-20	15,2	1,3	7	13,7	127	111	111	14,3	5,01	1,71	1,00	21	7,96	7,27				
25	20-40	9,4	1,3	1,22	12,3	171	101	35	16,8	1,71	1,61	1,13	21	7,29	7,31				
	0-20	12,1	0,9	1,43	16,3	111	121	16	19,7	3,0	1,3	1,00	21	7,31	6,26				
	0-20	8,9	1,2	1,71	15,3	14,8	31	128	12	6,01	1,01	1,00	31	7,96	7,27				
26	20-40	7,4	1,0	1,42	12,2	11,6	10	11	12	4,31	1,01	1,40	11	7,34	7,21				
	10-60	6,2	0,9	1,61	11,2	11,6	10	1	13,6	4,31	1,61	1,20	21	7,25	6,26				
	0-20	16,1	1,3	0,9	17,3	112	7	16	19,0	7,0	1,0	1,00	11	7,92	7,13				
27	20-40	10,2	1,0	10,2	17,7	111	61	16	16,8	4,81	1,31	1,00	11	7,42	7,23				
	40-60	8,1	0,8	10,7	14,6	87	37	18	13,4	3,71	1,37	1,10	31	7,37	7,20				
	0-20	10,2	1,7	1,25	17,3	18,6	10	177	13,3	3,01	1,31	1,00	21	7,47	7,20				
28	20-40	10,3	1,1	1,32	17,7	41	10	41	17,4	2,21	1,21	1,00	31	7,27	7,23				
	10-60	7,0	1,0	1,07	13,3	31	10	1	16,3	1,01	1,71	1,00	21	7,27	7,13				
	0-20	10,7	1,1	1,07	17,2	18,3	10	118	10,3	1	1,71	1,00	21	7,80	7,23				
29	20-40	9,0	0,9	0,1	13,3	10,0	10	15	13,9	1	1,4	1,00	31	7,19	7,17				
	40-60	6,9	0,8	1,61	11,9	12,0	10	15	14,1	4	1,37	1,49	31	7,73	7,23				

Annexe 6: Barème d'interprétation du taux de matière organique selon le taux d'argile (Spring et al., 2003).

Taux d'argile du sol	Pauvre	médiocre	normal	élevé	Très élevé
<10% (léger)	<0,8	0,8-1,1	1,2-2,0	1,6-2,0	>2,0
10-30 (moyen)	<1,2	1,2-1,7	1,83-2,3	2,4-3,0	>3,0
>30 (lourd)	<2,0	2,0-2,0-2,4	2,5-3,0	3,1-3,5	>3,5

Annexe 7 : Barème d'interprétation du $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ (Spring et al., 2003).

$\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$	Appréciation agronomique
<5,3	Fortement acide
5,3-5,8	Acide
5,9-6,7	Faiblement acide
6,8-7,2	Neutre
7,3-7,6	Faiblement alcalin
>7,6	Alcalin

Annexe 8 : Barème d'interprétation de la teneur en calcaire total (Spring et al., 2003).

Teneur en calcaire total (% CaCO_3)	Appréciation
0	Non calcaire
1-2	Traces de calcaire
3-10	Peu calcaire
11-25	Moyennement calcaire
26-40	calcaire
> 40	Très calcaire

Annexe 9 : Barème d'appréciation de la CEC et du réservoir alimentaire (Spring et al., 2003)

CEC en meq par 100 g de sol	Appréciation	Réservoir alimentaire
<12	Faible	Petit
12-20	Moyenne	Moyen
>20	Forte	Grand

Annexe 10 : Barème d'interprétation du taux de saturation en calcium et de l'état calcique du sol (Spring *et al.*, 2003).

Saturation en %	Appréciation	Appréciation de l'état calcique
40	Désaturé	Très pauvre
40-49	Légèrement saturé	Pauvre
50-59	Moyennement saturé	Satisfaisant
60-80	Quasi saturé	Riche
>80	Saturé	Très riche

Annexe 11 : Relation entre nature et texture eu sol (Spring *et al.*, 2003).

Nature	Taux d'argile (texture)	Seuils pour l'interprétation des analyses de sol
Léger	<10%	<10%
Léger à moyen	10-15%	10-30%
Moyen	15-25%	
Moyen à lourd	25-30%	
Lourd	>30%	>30%

Annexe 12 : Méthodes d'analyses foliaires

Séparation des limbes et des pétioles immédiatement après le prélèvement. Les échantillons sont séchés à l'étuve à 80°C pendant 48 heures, puis broyés et stockés dans des piluliers pour être analysés. Les limbes et les pétioles sont analysés séparément. Les poudres végétales ont été calcinées (calcination de 0,2 g de poudre végétale à 250°C pendant 2 heures puis à 550°C pendant 8 heures) et reprise des cendres par 1ml de HCl 1/2 ; évaporation à sec de l'acide; addition de 1 ml de HCl 1/10, filtration et dilution dans 100 ml d'eau distillée.

A partir de ces solutions, on a dosé, le potassium par spectrophotométrie de flamme en émission air/acétylène, le calcium par spectrophotométrie d'absorption d'air/ acétylène, le magnésium par spectrophotométrie d'absorption d'air/acétylène ; le phosphore par colorimétrie au complexe phosphovanadomolybdique, l'azote total est dosé par la méthode Kjeldhal à partir des poudres végétales (minéralisation de 0,3 g de poudre par de l'acide sulfurique concentré à chaud et dosage par H_2SO_4 N/10). Chaque échantillon a été dosé trois fois, et les résultats donnés représentent la moyenne de trois mesures.

Annexe 13 : Données analytiques (Limbes). Campagne 91/92 Bordj-Ménaïel

P*	Limbes (% M.S)					Rapports		
	N	P	K	Mg	Ca	K/Mg	K/Ca	K/Ca+Mg
1	2,28	0,21	1,55	0,20	1,56	7,75	0,99	0,88
2	1,66	0,11	1,35	0,18	1,55	7,50	0,87	0,78
3	1,93	0,11	1,70	0,25	1,57	6,80	1,08	0,93
4	2,10	0,11	1,28	0,18	2,35	7,11	0,54	0,51
5	1,75	0,11	1,19	0,18	2,38	6,61	0,50	0,46
6	1,75	0,19	1,15	0,20	1,55	5,75	0,74	0,66
7	1,75	0,19	1,15	0,25	2,08	4,60	0,55	0,49
8	2,10	0,20	1,31	0,23	2,18	5,70	0,60	0,54
9	1,75	0,20	1,23	0,20	2,58	6,15	0,48	0,44
10	1,93	0,13	1,08	0,15	2,74	7,20	0,39	0,37
11	2,10	0,11	1,23	0,18	1,57	6,83	0,78	0,70
12	1,40	0,15	1,04	0,18	2,31	5,78	0,45	0,42
13	1,40	0,11	1,15	0,14	2,40	8,21	0,48	0,45
14	2,19	0,10	1,08	0,15	1,57	7,20	0,69	0,63
15	1,58	0,10	1,19	0,18	1,56	6,61	0,76	0,68

Les dénominations des parcelles (P*) de 1 à 15 sont données dans l'annexe 31.

Annexe 14 : Données analytiques (Pétioles). Campagne 91/92 Bordj-Ménaïel

P*	Pétioles (% M.S)					Rapports		
	N	P	K	Mg	Ca	K/Mg	K/Ca	K/Ca+Mg
1	1,05	0,25	0,95	0,21	1,85	4,52	0,51	0,46
2	0,96	0,11	1,20	0,18	2,15	6,67	0,56	0,52
3	0,88	0,12	1,39	0,20	1,10	6,95	1,26	1,07
4	0,53	0,24	1,24	0,20	1,90	6,20	0,65	0,59
5	0,53	0,16	0,80	0,20	2,18	4,00	0,37	0,34
6	0,96	0,15	1,16	0,18	1,05	6,44	1,10	0,94
7	0,75	0,13	0,84	0,13	2,02	6,46	0,42	0,39
8	0,70	0,18	1,20	0,18	2,25	6,67	0,53	0,49
9	0,61	0,10	0,75	0,30	1,59	2,50	0,47	0,40
10	1,05	0,11	1,15	0,20	2,16	5,75	0,53	0,49
11	1,05	0,13	1,03	0,11	2,03	9,36	0,51	0,48
12	0,88	0,15	1,08	0,18	1,60	6,00	0,68	0,61
13	0,88	0,14	0,96	0,28	1,55	3,43	0,62	0,52
14	0,79	0,26	1,00	0,20	1,55	5,00	0,65	0,57
15	0,79	0,19	1,00	0,15	2,03	6,67	0,49	0,46

Les dénominations des parcelles (P*) de 1 à 15 sont données dans l'annexe 31.

Annexe 15 : Données analytiques (Limbes). Campagne 92/93 Bordj-Ménaïel

P*	Limbes (% M.S)					Rapports		
	N	P	K	Mg	Ca	K/Mg	K/Ca	K/Ca+Mg
1	1,93	0,2	1,15	0,3	1,58	3,83	0,73	0,61
2	2,45	0,15	0,9	0,21	2,02	4,29	0,45	0,40
3	2,45	0,12	0,52	0,36	2,6	1,44	0,2	0,18
4	1,49	0,21	1,17	0,24	2	4,88	0,59	0,52
5	2,1	0,2	1,21	0,27	2,6	4,48	0,47	0,42
6	2,28	0,17	0,97	0,21	1	4,62	0,97	0,80
7	2,1	0,15	1	0,15	1,8	6,67	0,56	0,51
8	1,05	0,14	0,9	0,21	2,3	4,29	0,39	0,36
9	2,01	0,22	1,3	0,43	3,12	3,02	0,42	0,37
10	1,05	0,25	0,88	0,4	2,55	2,20	0,35	0,30
11	2,1	0,17	0,82	0,36	1,74	2,28	0,47	0,39
12	1,31	0,18	1,42	0,3	2,46	4,73	0,58	0,51
13	2,45	0,17	1,45	0,17	1,4	8,53	1,04	0,92
14	2,45	0,25	1,2	0,19	1,2	6,32	1	0,86
15	2,1	0,21	0,68	0,33	2	2,06	0,34	0,29

Les dénominations des parcelles (P*) de 1 à 15 sont données dans l'annexe 31.

Annexe 16 : Données analytiques (Pétioles). Campagne 92/93 Bordj-Ménaïel

P*	Pétioles (% M.S)					Rapports		
	N	P	K	Mg	Ca	K/Mg	K/Ca	K/Ca+Mg
1	0,6	0,16	1,08	0,35	1,06	3,09	1,02	0,77
2	1,05	0,22	1,08	0,23	1,17	4,7	0,92	0,77
3	0,79	0,17	0,5	0,4	2,22	1,25	0,23	0,19
4	0,74	0,17	1,2	0,3	1,68	4	0,71	0,61
5	0,68	0,2	1,08	0,22	1,43	4,91	0,76	0,65
6	1,05	0,22	1,08	0,31	1,59	3,48	0,68	0,57
7	0,9	0,13	1	0,16	1,9	6,25	0,53	0,49
8	0,7	0,2	1,03	0,31	2,68	3,32	0,38	0,34
9	1,05	0,19	0,88	0,4	1,7	2,2	0,52	0,42
10	0,7	0,22	0,75	0,37	2,1	2,03	0,36	0,30
11	0,55	0,22	0,95	0,31	2,48	3,06	0,38	0,34
12	1,05	0,2	0,78	0,31	1	2,52	0,78	0,60
13	1,05	0,11	1,02	0,28	1,2	3,64	0,85	0,69
14	1,05	0,21	1,62	0,22	1,6	7,36	1,01	0,89
15	1,05	0,17	1,45	0,28	2,1	5,18	0,69	0,61

Les dénominations des parcelles (P*) de 1 à 15 sont données dans l'annexe 31.

Annexe 17 : Données analytiques (Limbes). Campagne 91/92 Tizi Ouzou

P*	Limbes (% M.S)					Rapports	
	N	P	K	Mg	Ca	K/Mg	K/Mg+Ca
16	1,3	0,12	0,78	0,34	1,55	2,29	0,41
17	1,33	0,13	0,74	0,35	1,5	2,11	0,40
18	1,3	0,13	0,75	0,33	1,68	2,27	0,37
19	1,44	0,15	0,9	0,3	1,8	3,00	0,43
20	2,1	0,12	0,8	0,38	1,68	2,11	0,39
21	1,91	0,12	1,19	0,1	1,5	11,90	0,74
22	1,93	0,13	1,22	0,13	1,4	9,38	0,80
23	2,01	0,1	1	0,23	2,05	4,35	0,44
24	1,96	0,14	0,69	0,35	1,55	1,97	0,36
25	1,8	0,15	1,09	0,18	1,34	6,06	0,72
26	1,98	0,11	1,19	0,1	1,6	11,90	0,70
27	1,93	0,15	1,24	0,15	1,35	8,27	0,83
28	2,03	0,11	0,76	0,28	1,8	2,71	0,37
29	1,7	0,2	1	0,35	1,55	2,86	0,53

Les dénominations des parcelles (P*) de 16 à 29 sont données en annexe 31.

Annexe 18 : Données analytiques (Pétioles). Campagne 91/92 Tizi Ouzou

P*	Pétioles (% M.S)					Rapports		
	N	P	K	Mg	Ca	K/Mg	K/Ca	K/Mg+Ca
16	0,61	0,14	0,69	0,5	1,7	1,38	0,31	0,61
17	0,7	0,13	0,84	0,5	1,7	1,68	0,38	0,7
18	0,53	0,12	0,84	0,56	1,7	1,5	0,37	0,53
19	0,55	0,11	0,84	0,3	1,89	2,79	0,38	0,55
20	0,7	0,1	0,85	0,2	1,68	4,25	0,45	0,7
21	0,53	0,15	1,04	0,3	1,9	3,46	0,47	0,53
22	1,23	0,11	1,08	0,33	1,91	3,31	0,48	1,23
23	1,05	0,2	0,9	0,33	1,45	2,77	0,51	1,05
24	0,55	0,14	0,93	0,4	1,7	2,31	0,44	0,55
25	0,7	0,14	0,8	0,35	1,91	2,29	0,35	0,7
26	0,88	0,19	0,93	0,13	2	7,15	0,44	0,88
27	1,05	0,16	0,96	0,25	1,7	3,84	0,49	1,05
28	1,01	0,12	0,89	0,38	2,2	2,34	0,34	1,01
29	1,23	0,13	1,23	0,35	1,9	3,51	0,55	1,23

Les dénominations des parcelles (P*) de 16 à 29 sont données en annexe 31.

Annexe 19 : Données analytiques (Limbes). Campagne 92/93 Tizi Ouzou

P*	Limbes % M.S					Rapports	
	N	P	K	Mg	Ca	K/Mg	K/Mg+Ca
16	1,20	0,10	1,17	0,58	1	2,02	0,74
17	1,69	0,22	0,87	0,28	1,18	3,11	0,60
18	1,05	0,20	1,00	0,31	1,58	3,22	0,53
19	1,49	0,20	0,97	0,35	2,3	2,77	0,37
20	88	0,12	0,82	0,21	1,50	3,9	0,48
21	2,1	0,17	0,85	0,2	1,80	3,95	0,42
22	1,75	0,20	1,20	0,4	1,01	3,18	0,90
23	1,25	0,19	1,40	0,31	1,55	4,52	0,75
24	1,14	0,22	1,20	0,33	1,30	3,64	0,74
25	1,4	0,21	0,80	0,19	1,30	4,21	0,54
26	1,23	0,21	1,15	0,36	1,71	3,19	0,55
27	1,38	0,12	1,12	0,19	1,10	5,89	0,87
28	1,66	0,12	1,30	0,30	1,30	4,33	0,81
29	1,84	0,23	0,80	0,19	1,30	4,21	0,54

Les dénominations des parcelles (P*) de 16 à 29 sont données en annexe 31.

Annexe 20 : Données analytiques (Pétioles). Campagne 92/93 Tizi Ouzou

P*	Pétioles (% M.S)					Rapports		
	N	P	K	Mg	Ca	K/Mg	K/Ca	K/Mg+Ca
16	0,7	0,16	1,00	0,37	1,40	2,70	0,56	0,70
17	0,58	0,20	1,55	0,31	1,00	3,06	0,73	0,58
18	0,58	0,20	1,52	0,4	1,60	1,30	0,36	0,53
19	0,88	0,21	1,12	0,53	2,68	2,1	0,35	0,88
20	0,53	0,17	0,7	0,37	1,52	1,89	0,37	0,53
21	1,75	0,15	1,13	0,31	1,00	3,65	0,86	1,75
22	1,22	0,20	1,52	0,37	1,00	4,1	1,11	1,22
23	0,70	0,14	2,02	0,43	1,45	3,37	1,07	0,70
24	0,70	0,20	1,4	0,35	1,30	4,00	0,76	0,70
25	1,00	0,20	1,62	0,39	2,10	5,99	0,68	1,00
26	0,88	0,22	1,5	0,34	1,00	4,41	1,12	0,88
27	1,05	0,20	1,1	0,22	1,27	5,00	0,74	1,05
28	0,58	0,13	1,55	0,37	1,00	2,57	0,69	0,58
29	0,88	0,22	0,7	0,22	1,20	3,18	0,45	0,88

Les dénominations des parcelles (P*) de 16 à 29 sont données en annexe 31

Annexe 21: Données du diagnostic foliaire en % M.S (Campagne 84/85) Région de Bordj-Ménaïel

Année 84/85						
Lignes (% M.S)						
Parcelles	N*	N	P	K	Mg	Ca
El Djebha 1	1	2,10	0,11	0,73	0,27	1,65
El Djebha 2	2	1,96	0,09	0,60	0,30	1,73
Bengrich	3	2,66	0,10	0,76	0,27	1,44
Ghalem Said	4	2,38	0,10	0,63	0,26	1,61
Hamadaoka	5	2,24	0,12	0,70	0,18	1,23
Kacim	6	2,10	0,10	0,63	0,24	1,30
Ali Bannour 1	7	2,24	0,10	0,54	0,29	1,52
Ali Bannour 2	8	2,38	0,09	0,57	0,24	1,61

N* : Numéro de l'analyse

Annexe 22: Données du diagnostic foliaire en % M.S (Campagne 85/86) Région de Bordj-Ménaïel

Année 85/86						
Limbes (% M.S)						
Parcelles	N*	N	P	K	Mg	Ca
El Djebha 1	9	1,96	0,11	0,60	0,18	1,90
El Djebha 2	10	2,29	0,11	0,42	0,20	1,76
Bengrich	11	2,40	0,11	1,16	0,21	1,98
Chalem Saïd	12	2,32	0,11	0,44	0,25	1,76
Hamadache	13	2,33	0,12	0,60	0,25	2,34
Kacim	14	2,34	0,11	1,02	0,30	2,32
Aï Bennour 1	15	2,12	0,11	1,48	0,19	2,36
Aï Bennour 2	16	1,28	0,12	0,64	0,26	2,36

N* : Numéro de l'analyse

Annexe 23 : Données du diagnostic foliaire en % M.S (Campagne 91/92) Région de Bordj-Ménaïel

Année 91/92						
Limbes (% M.S)						
Parcelles	N*	N	P	K	Mg	Ca
Ghalem n°10	7	2,28	0,21	1,55	0,20	1,56
Ghalem n°08	18	1,56	0,11	1,35	0,18	1,55
Ghalem n°25	19	1,93	0,11	1,70	0,25	1,57
Ghalem n°28	20	2,10	0,11	1,28	0,18	2,35
Ghalem n°26	21	1,75	0,11	1,19	0,18	2,38
Ghalem n°34	22	1,75	0,11	1,15	0,20	1,55
Demidj EAC n°18	23	1,75	0,19	1,15	0,25	2,08
Achaïbou EAC n°05	24	2,10	0,20	1,31	0,23	2,18
Khermiroune EAC n°02	25	1,75	0,20	1,23	0,20	2,58
Achaïbou EAC n°18	26	1,93	0,13	1,08	0,15	2,74
Tihackadne EAC n°05	27	2,10	0,11	1,23	0,18	1,57
Tihackadne n°02	28	1,40	0,15	1,04	0,18	2,31
Station ITCMI n°07	29	1,40	0,11	1,15	0,14	2,40
Delsi Djemaa	30	2,19	0,10	1,08	0,15	1,57
Tihackadne EAC n°3	31	1,58	0,10	1,19	0,18	1,56

N* : Numéro de l'analyse

Annexe 24 : Données du diagnostic foliaire en % M.S (Campagne 92/93) Région de Bordj-Ménaiel

Année 92/93						
Parcelles	N*	Litrages (% M.S)				
		N	P	K	Mg	Ca
Ghalem n°10	32	1,93	0,20	1,15	1,30	1,58
Ghalem n°08	33	2,45	0,15	0,90	1,21	2,02
Ghalem n°25	34	2,45	0,12	0,52	1,36	2,60
Ghalem n°28	35	1,49	0,21	1,17	1,24	2,00
Ghalem n°26	36	2,10	0,20	1,21	1,27	2,60
Ghalem n°34	37	2,28	0,17	0,97	1,21	1,00
Derridj EAC n°18	38	2,10	0,15	1,00	1,15	1,80
Achabou EAC n° 15	39	1,05	0,14	0,90	1,21	2,30
Khermimoune EAC n° 02	40	2,01	0,22	1,30	1,43	3,12
Achabou EAC n° 18	41	1,05	0,25	0,88	1,40	2,55
Tibachadine EAC n°05	42	2,10	0,17	0,82	1,36	1,74
Tibachadine n°02	43	1,31	0,18	1,42	1,30	2,46
Station ICCMI n°17	44	2,45	0,17	1,45	1,17	1,40
Delsi Djerraa	45	2,45	0,25	1,20	1,19	1,20
Tibachadine EAC n°3	46	2,10	0,21	0,68	1,33	2,00

N* : Numéro de l'analyse

Annexe 25 : Données du diagnostic foliaire en % M.S (Campagne 93/94) Région de Bordj-Ménaiel

Année 93/94						
Limbes (% M.S)						
Parcelles	N*	N	P	K	Mg	Ca
01 Ghalem Said n° 10	47	1,74	0,22	1,07	0,27	1,75
02 Ghalem Said n° 09	48	1,22	0,19	1,12	0,32	1,35
03 Ghalem Said n° 25	49	1,83	0,23	1,34	0,25	2,06
04 Ghalem Said n° 28	50	1,79	0,22	0,92	0,12	2,17
05 Ghalem Said n° 26	51	1,74	0,19	1,55	0,27	1,65
Ghalem said n° 34	52	2,02	0,17	1,04	0,23	1,38
Derridj EAC n° 18	53	1,79	0,20	1,03	0,22	1,89
Kherminoune n° 2	54	1,83	0,21	1,06	0,25	2,55
Achaïbou EAC n° 5	55	1,83	0,17	1,20	0,25	2,00
Achaïbou EAC n° 18	56	1,05	0,16	1,12	0,32	2,44
Tihachadine EAC n° 5	57	1,79	0,21	0,92	0,37	1,65
Tihachadine n° 2	58	1,81	0,15	1,62	0,11	1,55
ITCMI n° 7	59	1,81	0,19	1,85	0,27	2,07
Delsi Djemaa	60	2,12	0,18	1,02	0,18	1,71

N* : Numéro de l'analyse

Annexe 26 : Données du diagnostic foliaire en % M.S (Campagne 94/95) Région de Bordj-Ménaiel

Année 94/95						
Limbes (% M.S)						
Parcelles	N*	N	P	K	Mg	Ca
01 Ghalem Said n° 10	61	1,98	0,12	1,29	0,25	1,65
02 Ghalem Said n° 09	62	2,40	0,12	1,38	0,42	2,40
03 Ghalem Said n° 25	63	1,50	0,12	1,47	0,25	2,10
04 Ghalem Said n° 28	64	1,67	0,12	1,63	0,27	1,75
05 Ghalem Said n° 26	65	1,45	0,12	1,46	0,22	1,90
Ghalem said n° 34	66	2,04	0,22	0,99	0,27	1,60
Derridj EAC n° 18	67	1,51	0,25	0,95	0,27	1,78
Kherminoune n° 2	68	1,74	0,20	1,65	0,13	1,95
Achaïbou EAC n° 5	69	1,64	0,27	1,53	0,19	1,63
Achaïbou EAC n° 18	70	1,62	0,22	1,44	0,13	1,95
Tihachadine EAC n° 5	71	1,62	0,21	1,32	0,15	0,98
Tihachadine n° 2	72	1,06	0,21	1,42	0,19	1,65
ITCMI n° 7	73	1,48	0,21	1,58	0,16	1,75
Delsi Djemaa	74	1,73	0,20	0,77	0,20	2,35

N* : Numéro de l'analyse

Annexe 27 : Données du diagnostic foliaire en % M.S (Campagne 89/90) Région de Tizi-Ouzou

Année 89/90						
Limbes (% M.S)						
Parcelles	N*	N	P	K	Mg	Ca
Tizi-Ouzou I	75	1,72	0,085	0,57	0,46	1,80
Tizi-Ouzou II	76	2,08	0,09	0,61	0,38	1,03
Azazga	77	2,80	0,09	0,59	0,44	0,70
Ouaguencoun	78	2,24	0,09	0,51	0,39	1,03
Boufhaima I	79	1,30	0,11	0,98	0,29	2,00
Boufhaima II	80	1,63	0,12	1,08	0,32	3,00
Iflissen	81	2,08	0,10	0,60	0,41	3,00
Freha I	82	2,00	0,08	0,55	0,41	1,05
Freha II	83	1,90	0,09	0,72	0,49	1,30
Sidi Naamane I	84	2,98	0,096	0,87	0,39	0,90
Sidi Naamane II	85	2,00	0,113	0,82	0,30	2,20
Tadmait I	86	2,05	0,098	0,97	0,32	2,30
Tadmait II	87	2,05	0,098	0,98	0,32	1,50
Tadmait III	88	1,91	0,098	0,96	0,32	1,30

N* : Numéro de l'analyse

Annexe 28 : Données du diagnostic foliaire en % M.S (Campagne 91/92) Région de Tizi-Ouzou

Année 91/92						
Limbes (% M.S)						
Parcelles	N*	N	P	K	Mg	Ca
Tizi-Ouzou I	89	1,85	0,10	0,48	0,36	1,33
Tizi-Ouzou II	90	1,96	0,10	0,96	0,39	1,76
Azazga	91	2,13	0,08	0,58	0,62	0,93
Ouaguenoun	92	2,13	0,09	0,59	0,28	2,10
Boufhairma I	93	2,24	0,12	1,12	0,31	3,61
Boufhairma II	94	2,36	0,12	1,19	0,36	3,30
Iflissen	95	1,78	0,09	0,44	0,27	0,93
Freha I	96	1,83	0,08	0,63	0,28	1,31
Freha II	97	2,38	0,10	0,52	0,34	0,96
Sidi Naamane I	98	2,11	0,09	1,10	0,29	2,24
Sidi Naamane II	99	2,40	0,12	0,98	0,21	2,39
Tadmait I	100	2,41	0,11	1,21	0,35	1,53
Tadmait II	101	2,43	0,11	1,18	0,35	1,28
Tadmait III	102	2,12	0,18	0,63	0,31	2,03

N* : Numéro de l'analyse

Annexe 29: Données du diagnostic foliaire en % M.S (Campagne 91/92) Région de Tizi-Ouzou

Année 91/92						
Limbes (% M.S)						
Parcelles	N*	N	P	K	Mg	Ca
Toumi N° 1	103	1,30	0,12	0,78	0,34	1,55
Toumi n°2	104	1,33	0,13	0,74	0,35	1,50
Toumi n° 3	105	1,30	0,13	0,75	0,33	1,68
Hadad n°1	106	1,44	0,15	0,90	0,30	1,80
Hadad n°2	107	2,10	0,12	0,80	0,38	1,68
Ali Bennour n°1	108	1,91	0,12	1,19	0,10	1,50
Ali Bennour n°2	109	1,93	0,13	1,22	0,13	1,40
Benzaba n°1	110	2,01	0,10	1,00	0,23	2,05
Benzaba n°2	111	1,96	0,14	0,69	0,35	1,55
Benzaba n°3	112	1,80	0,15	1,09	0,18	1,34
Ait Youcef n°1	113	1,98	0,11	1,19	0,10	1,60
Ait Youcef n°2	114	1,93	0,15	1,24	0,15	1,35
Ait Aider	115	2,03	0,11	0,76	0,28	1,80
Kaci Tahar	116	1,70	0,20	1,00	0,35	1,55

N* : Numéro de l'analyse

Annexe 30 : Données du diagnostic foliaire en % M.S (Campagne 92/93) Région de Tizi-Ouzou

Année 92/93						
Limbes (% M.S)						
Parcelles	N*	N	P	K	Mg	Ca
Toumi N° 1	117	1,23	0,10	1,17	0,58	1,00
Toumi n°2	118	1,69	0,22	0,87	0,28	1,18
Toumi n° 3	119	1,05	0,20	1,00	0,31	1,58
Hadad n°1	120	1,490	0,20	0,97	0,35	2,30
Hadad n°2	121	0,880	0,12	0,82	0,21	1,50
Ali Bennour n°1	122	2,100	0,17	0,83	0,20	1,80
Ali Bennour n°2	123	1,750	0,20	1,27	0,40	1,01
Benzaba n°1	124	1,350	0,19	1,40	0,31	1,55
Benzaba n°2	125	1,140	0,22	1,20	0,33	1,30
Benzaba n°3	126	1,400	0,21	0,80	0,19	1,30
Ait Youcef n°1	127	1,230	0,21	1,15	0,36	1,74
Ait Youcef n°2	128	1,580	0,12	1,12	0,19	1,10
Ait Aider	129	1,660	0,12	1,30	0,30	1,30
Kaci Tahar	130	1,840	0,23	0,80	0,19	1,30

N* : Numéro de l'analyse

Annexe 31 : Dénomination des parcelles étudiées

N°	Zones		Coordonnées		
	Hautez Métrique	Coord. SRT	Latitude	Longitude	Altitude (m)
1	Ménoué	n°11	05°40'50" N	07°41'04"E	23,51
2		n°12	05°40'58" N	07°41'04"E	24,02
3		n°13	05°40'58" N	07°41'08"E	45,55
4		n°14	05°40'58" N	07°41'08"E	47,73
5		n°15	05°40'58" N	07°41'04"E	42,47
6		n°16	05°40'58" N	07°41'07"E	38,38
7		Parcelle BAC n°18	05°40'59" N	07°40'59" E	45,17
8	Makina	Archeba BAC n°19	05°40'51" N	07°41'04"E	152,02
9		Makina BAC n°20	05°40'21" N	07°41'08"E	121,51
10	Touss	Archeba BAC n°18	05°40'58" N	07°40'47"E	52,08
11		Touss BAC n°21	05°40'50" N	07°38'56"E	41,04
12	Bamboula	Touss BAC	05°40'54" N	07°42'00"E	38,57
13		Blabou BAC n°22	05°42'38" N	07°39'29"E	35,43
14		Touss Djemba	05°43'10" N	07°39'48"E	30,00
15		Touss BAC n°23	05°42'57" N	07°39'08"E	34,42
16		Touss n°1	05°40'05" N	07°40'38"E	22,00
17	Bamboula	Touss n°2	05°40'54" N	07°37'38"E	37,03
18		Touss n°3	05°42'10" N	07°40'05"E	65,81
19		Touss n°4	05°40'05" N	07°40'37"E	22,22
20	Touss	Touss n°5	05°43'11" N	07°40'30"E	30,06
21		Archeba BAC	05°40'15" N	07°41'08"E	23,02
22		Archeba BAC	05°40'34" N	07°40'57"E	22,02
23		Archeba n°1	05°43'56" N	07°40'11"E	121,31
24		Archeba n°2	05°40'11" N	07°41'07"E	54,24
25	Archeba n°3	05°40'21" N	07°40'08"E	38,16	
26	Touss	Archeba BAC	05°40'52" N	07°39'24"E	133,90
27		Archeba BAC	05°40'30" N	07°40'34"E	105,80
28	Touss	Archeba	05°43'57" N	07°38'50"E	75,00
29		Archeba	05°43'17" N	07°40'30"E	60,80

P* : Parcelles

Liste des abréviations

- BNEDR Bureau national des études du développement rural
- DSA Direction des services de l'agriculture
- FNDRA Fonds national de la régulation et du développement agricole
- M.A.D.R Ministère de l'agriculture et du développement rural
- MNA Modèle numérique de l'altitude
- MNT Modèle numérique de terrain
- O.N.M Office national de la météorologie
- PNDA Programme national du développement agricole
- S.A.U Surface agricole utile

- SIG Système d'information géographique
- UTB Unités terroir de base
- ZAC Zones d'aménagement concerté
- ZAD Zones d'aménagement différé
- ZUP Zones à aménager en priorité