



TRANSFERT DE TECHNOLOGIE EN AGRICULTURE

MAPM/DERD

• Juin 2008 •

PNTTA

Fertilisation des rosacées fruitières

SOMMAIRE

n° 165

Arboriculture

- Estimation des besoins des rosacées..... p.1
- Evaluation de la culture et du sol.....p.2
- Diagnostic foliaire.....p.3
- Exemples de diagnostic de verger..... p.4

Introduction

La nutrition durable des cultures fruitières nécessite la compréhension des relations entre la croissance végétale et le bilan des éléments fertilisants. Le rendement réalisé par une culture fruitière varie selon le milieu et la stratégie de culture. Le rendement cible peut être utilisé pour évaluer la quantité d'éléments fertilisants susceptibles d'être exportés du verger avec la récolte.

Les arbres fruitiers ont des besoins en **éléments fertilisants majeurs**: l'azote (N), le phosphore (P), le potassium (K), le calcium (Ca) et le magnésium (Mg) et en **oligo-éléments**: le manganèse (Mn), le fer (Fe), le cuivre (Cu), le zinc (Zn), le bore (B) et le molybdène (Mo).

D'autres éléments tels que le sodium (Na), le silicium (Si), le cobalt (Co) et le nickel (Ni) sont également des éléments utiles à la croissance végétale.

Estimation des besoins des rosacées

Les besoins en éléments fertilisants des arbres fruitiers sont difficiles à établir car dans les plantes pérennes on se heurte à des difficultés liées à la pérennité du plant, l'hétérogénéité individuelle et le grand volume des arbres.

Les arrachages d'arbres cultivés dans des vergers et l'analyse de leurs différents organes ont servi pour longtemps de référence à l'appréciation de la quantité d'éléments absorbés par les arbres cultivés en verger.

Le prélèvement d'éléments fertilisants correspond à la quantité d'éléments fertilisants

qui quitte la parcelle avec la récolte sans les résidus végétaux et dépend donc du niveau de rendement.

Les teneurs en éléments fertilisants des différents organes des pommiers sont présentés au tableau 1. Le prélèvement permet d'évaluer le besoin (norme), puis le besoin corrigé (norme corrigée), et enfin, la quantité d'éléments fertilisants à apporter via la fumure.

Les besoins réels des arbres fruitiers en éléments minéraux correspondraient donc à la somme des quantités d'éléments prélevés par les fruits et de ceux immobilisés par le bois.

Il s'agit là d'une surestimation car au moins une partie des éléments stockés sont réutilisables. En effet, certains organes (feuilles, bois de taille) sont restitués au sol et par conséquent ne constituent pas une exportation hors verger. Par ailleurs, l'appréciation des besoins basée sur l'exportation seule ne suffit pas car d'autres facteurs entrent en jeu et influencent la quantité d'éléments minéraux prélevée par l'arbre. Parmi ces facteurs on peut citer la richesse et le potentiel alimentaire du sol, le mode d'apport des engrais, la nature des engrais, les conditions de développement et de croissance (climat et sol), l'importance et la distribution du système racinaire, l'âge, la variété, le porte-greffe, le système de taille et le rendement.

En dépit de ces difficultés, des valeurs peuvent servir de référence en matière de dose. Un hectare de pomme de *Golden Delicious* âgée de 30 ans et produisant 40 t de fruits exporte en moyenne 100 kg d'N, 35 kg P₂O₅ et 150 kg de K₂O. Un hectare de *Reinette de Canada* adulte, ayant un rendement de 25 t exporte 80 Kg d'N, 20 kg de P₂O₅ et 90 kg

de K₂O. De même, la consommation en éléments minéraux d'une culture hydroponique du pommier *Golden Delicious* greffée sur *MM106* âgé de 6 ans et produisant 40 t/ha est de 95 Kg d'N, 40 kg de P₂O₅ et 120 kg de K₂O (Tableau 2).

Les quantités prélevées en éléments fertilisants varient selon la variété et l'espèce. A cet égard, les espèces à noyau sont plus exigeantes en potasse que celles à pépins (Tableau 3).

Malgré la différence des méthodes utilisées, les données précitées paraissent semblables et donnent une idée sur ce que peuvent être les prélèvements en éléments N, P et K, considérés comme proportionnels aux rendements. Cependant, si ces résultats, établis en fonction d'une situation donnée, peuvent servir de repère ils ne peuvent en aucun cas être généralisés.

Par ailleurs, et afin de tenir compte des pertes et du coefficient d'utilisation des engrais, le type du sol et la nature de l'engrais, les doses d'engrais à apporter aux arbres comme fumure annuelle d'entretien doivent être supérieures aux exportations totales. En effet, le potentiel d'assimilation d'une espèce fruitière et la disponibilité des éléments fertilisants dans le sol peuvent être perturbés par les antagonismes, la

Tableau 1. Prélèvements¹ des éléments fertilisants et leur répartition dans les différents organes de pommier

Organes	Eléments nutritifs en kg/ha				
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg
Fruits (40 t/ha)	20	13	60	04	02
Feuilles	43	06	55	70	16
Branches, tronc, racines	16	09	16	37	02
Prélèvements divers (boutons, chute de fruits)	11	03	15	03	01
Bois de taille	10	04	04	23	02
Prélèvement total	100	35	150	137	23

¹Prélèvements variables selon le site, la variété, le porte greffe et le système de conduite



concurrence entre éléments nutritifs pour les points d'échange ionique des composants argileux du sol, le pH du sol et la fixation biologique des éléments fertilisants sur la matière organique.

Evaluation de la culture et du sol

Les exigences des arbres fruitiers varient avec l'âge, le rendement, la variété, le porte-greffe et la densité de plantation. Ces difficultés sont accentuées par le rôle tampon joué par le sol et les parties ligneuses de l'arbre.

Critères d'adaptation de la fumure

Des facteurs de pondération doivent être utilisés pour adapter la fumure nécessaire (norme) à la situation concrète d'un verger pour que les apports d'engrais correspondent au besoin spécifique de la culture. Ainsi, pour l'azote, les facteurs de pondération à prendre en compte sont:

- la vigueur de l'année (pousse annuelle) qui se traduit par la longueur des pousses et la couleur du feuillage (état de la feuille);
- l'aouûttement du bois et la formation de l'œil terminal;
- la formation des boutons à fruits (fleurs), élément d'appréciation important des besoins pour la saison à venir;
- l'importance de la récolte précédente, qui informe sur les besoins passés;
- la tendance aux maladies physiologiques, qui peut refléter des excès ou des déséquilibres en fertilisants;
- la vigueur générale, liée au type de porte-greffe en relation avec la profondeur utile du sol (volume exploité par les racines);
- volume occupé par les cailloux;
- teneur en matière organique.

Contrairement à l'azote, dans le cas des éléments fertilisants moins mobiles (phosphore, potassium, magnésium, calcium), l'analyse chimique du sol peut constituer une base essentielle pour déterminer la fumure. Pour ces éléments fertilisants, la norme peut être corrigée en fonction de l'état de la culture et du site en prenant comme facteurs de pondération:

- niveau de rendement;
- profondeur du sol;
- volume occupé par les cailloux (fraction du sol comportant des particules minérales dont le diamètre est > 2 mm);
- matière organique.

Antagonismes et synergismes

L'absorption d'éléments fertilisants sous forme ionique se fait au niveau des points d'échange ionique à la surface des racines. Ces points à la surface des racines peuvent faire l'objet de concurrence notamment entre les cations des principaux éléments fertilisants à charge positive. Ainsi, l'offre supplémentaire d'un cation (K^+) peut empêcher l'absorption d'un autre cation (Ca^{++}). Les antagonismes peuvent entraîner des manifestations de carence suite à une absorption trop faible d'éléments fertilisants, même si l'élément fertilisant correspondant se trouve en quantité suffisante dans la solution du

sol. A cet effet, les chloroses rencontrées dans les cultures fruitières (couleur jaunâtre des feuilles suite à un manque de fer ou de manganèse) peuvent résulter d'un apport excédentaire en potassium ou d'un excès de calcaire (calcium).

Carences et troubles physiologiques

Les carences des tissus végétaux en éléments fertilisants essentiels et en oligo-éléments sont des troubles de la gestion de ces éléments dans les tissus, qui peuvent également être qualifiés de troubles physiologiques. Ils peuvent être la cause d'un apport trop faible ou trop important d'un élément fertilisant.

Les carences en éléments nutritifs dans les feuilles et les fruits peuvent apparaître sous forme (symptômes) de:

- **chloroses** (décomposition de la chlorophylle entre les nervures, ce qui rend le vert de la feuille plus clair et se traduit par un jaunissement);
- **rougissement ou nécroses** (parties mortes ou brunes des tissus de feuille ou du fruit);
- **chute précoce des feuilles** (carence en magnésium, variété *Golden Delicious*).

Les carences peuvent être causées par:

- faible concentration des éléments nutritifs disponibles pour les plantes dans le sol;
- antagonismes (concurrence ionique);
- pH, qui rend difficile l'absorption des éléments nutritifs disponibles;
- fixation des éléments nutritifs dans le sol;
- réapprovisionnement insuffisant en éléments nutritifs à cause de l'absence ou de la réduction de la mobilisation des éléments nutritifs dans le sol suite à des conditions trop sèches, trop froides ou humides; de l'état de faiblesse des plantes, gel ou grêle; de l'endommagement du système racinaire; ou de l'apport trop faible en azote combiné avec une floraison très abondante.

La correction de ces carences, notamment dans le cas des oligo-éléments, peut se faire à l'aide d'application foliaire répétée. Toutefois, des solutions durables permettant d'éviter les carences doivent être mises au point. L'évaluation complète du site et la prise en compte de la question des variétés y contribuent.

L'analyse du sol

La plante absorbe les éléments nutritifs essentiellement par la solution du sol. La fixation des éléments fertilisants sur les particules solides du sol et la transmission à la solution du sol et à la plante sont des processus dynamiques qui sont influencés par les propriétés des éléments fertilisants, du sol et de la plante. L'analyse du sol permet de comprendre la dynamique de la disponibilité des éléments fertilisants et de connaître les éléments fertilisants existant dans le sol et ceux qui sont disponibles pour les arbres.

Les teneurs en éléments fertilisants, le pH et la teneur en matière organique du sol changent continuellement et doivent donc être contrôlés périodiquement. Les analyses de sol peuvent servir de base pour calculer la fumure nécessaire en phosphore, potassium, magnésium et calcium.

Tableau 2. Prélèvements de certaines variétés de pommier en fertilisants

Variété	Quantité prélevée kg/ha		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Golden Delicious 30 ans, 40 t/ha	100	35	150
Reinette de Canada adulte 25 t/ha	80	20	90
Golden Delicious/MM106 6 ans, 40 t/ha	95	40	120

Tableau 3. Prélèvements annuels moyens (fruits, bois de taille, charpente) en éléments fertilisants (kg/ha/an)

Rosacées à	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
Pépins 45 t/ha	56	26	90	110	18
Noyau 20 t/ha	94	22	73	74	12

L'analyse du sol permet de classer le sol sur la base de la granulométrie et de déterminer le facteur de correction des résultats de l'analyse chimique.

Le pH du sol est important en raison de son influence sur l'activité du sol et la disponibilité de des éléments nutritifs pour les arbres. Il faut alors éviter toute intervention entraînant une variation brutale du pH et choisir les engrais appropriés. La valeur pH qui est favorable à l'arboriculture oscille entre 6,0 et 7,5. Une augmentation de la valeur pH peut être provoquée par des apports de chaux. L'utilisation systématique d'engrais à effet acidifiant peut, en quelques années et selon le terrain, provoquer une baisse du pH.

Le calcium, principal constituant du calcaire, est à la fois un oligo-élément indispensable à l'alimentation des arbres, un des quatre constituants du sol avec la silice, l'argile et l'humus mais aussi un amendement car les ions calcium ont la propriété exclusive de chasser et remplacer les ions hydrogènes qui rendent le sol acide. En général, les sols marocains sont calcaires et bien solvants c'est l'excès de calcaire qui pose problème. Toutefois, certains terrains sont acides et demandent à être amendés par un apport de calcaire (cas de la région d'Oulmès).

Pratique de la fumure d'entretien des rosacées fruitières

Compte tenu du niveau des réserves du sol en éléments fertilisants et des besoins des arbres, il faut restituer au sol les éléments minéraux qu'il a perdu par des exportations des récoltes et du bois de taille, par le stockage dans le tronc et charpentières, branches et racines, par lessivage et autres causes (volatilisation, rétrogradation, ...).

Dans la pratique, la fertilisation d'un verger adulte doit être équilibrée et supérieure aux estimations des besoins calculés pour tenir compte des pertes éventuelles. La fourchette des doses moyennes à appliquer aux rosacées fruitières est de 100-125 unités d'azote, 60 à 100 unités de phosphore et 120 à 200 unités de potassium. Les doses exactes à apporter seront déterminées à travers les analyses du sol et des feuilles.

L'azote

Les besoins des arbres fruitiers en azote ne sont pas uniformes durant le cycle végétatif. L'absorption saisonnière de l'azote est maxi-

male en juin, correspondant à la croissance active des rameaux. Le calcul de la dose annuelle doit tenir compte du type d'entretien du sol, de l'âge du verger, du rendement prévisible, des conditions climatiques, des réactions antérieures à l'apport azoté et enfin de l'état général des arbres.

L'azote peut être épandu soit autour des arbres soit au milieu des interlignes sur une bande d'une largeur égale à la moitié environ de la largeur des interlignes. Dans le cas de l'irrigation localisée, les fertilisants peuvent être incorporés dans l'eau d'irrigation. L'irrigation fertilisante (goutte à goutte) est plus efficace que la méthode d'épandage d'azote en surface ou en bandes localisées. En effet, la dissolution des nitrates (et de l'urée) dans l'eau d'irrigation permet une répartition homogène des ions dans toute la zone d'activité des racines.

Epoque d'apport de la fumure azotée: L'azote agit très activement sur le développement de l'ensemble de l'appareil végétatif. Au cours des premières années, il permettra d'obtenir une charpente puissante sans laquelle on ne peut espérer une production abondante et soutenue. Si l'absorption de l'azote se poursuit pendant tout le cycle végétatif, l'arbre connaît des besoins d'azote intenses à certaines périodes critiques:

- du débourrement à la nouaison;
- pendant le grossissement des fruits.

Pour un arbre adulte cultivé sous climat méditerranéen, l'absorption saisonnière de l'azote est caractérisée par un maximum en juin, pendant la période de croissance la plus active des rameaux. Ainsi, il y a des périodes où les besoins en azote sont plus élevés que pour d'autres. Une alimentation azotée insuffisante pendant l'une de ces périodes se répercute défavorablement sur la récolte de l'année en cours et aussi sur la récolte suivante. D'où l'intérêt d'échelonner les apports d'azote compte tenu des périodes de besoins accrus et éventuellement des conditions climatiques défavorables susceptibles de perturber l'alimentation azotée des arbres.

Les apports doivent être limités aux besoins annuels des vergers en raison de la mobilité très grande des nitrates dans le sol. Ils doivent être fractionnés selon le besoin de la plante à différents stades, du mode d'irrigation et de la nature du sol. On peut envisager de faire:

- **Deux apports en sols moyens ou lourds:** 2/3 de l'azote avant la floraison et 1/3 au moment de la nouaison
- **Ou trois apports en sols légers:** 1/3 d'azote au stade B (réveil végétatif), 1/3 au stade EF (floraison), et 1/3 au stade GH (grossissement du fruit).

Tableau 6. Quelques normes d'interprétation des résultats d'analyses foliaires chez le pommier et le poirier (valeurs optimales)

	USA	France	G.B	Pays Bas	Afrique du Sud
N	2,33	2,25-2,35	2,40-2,80	2,40-2,80	2,10-2,80
P	0,23	0,15-0,20	0,20-0,25	0,14-0,22	0,13-0,19
K	1,53	1,50-2,00	1,30-1,60	1,10-1,50	0,80-1,60
Ca	1,40	1,40-2,00	1,00-1,60	1,80-2,20	1,20-1,60
Mg	0,41	---	0,25-0,30	0,20-0,30	0,30-0,50

En raison de la dominance du calcaire actif dans les sols marocains, il est préférable d'utiliser l'azote sous forme d'ammonitrate pour éviter le phénomène de volatilisation des engrais ammoniacaux.

Fumure phospho-potassique

Lorsque les niveaux de fertilité du sol en phosphore et en potassium sont corrects, il faudra les maintenir par des apports annuels ou bisannuels. Il faut apporter au sol ce qui est à la fois exporté par les récoltes et immobilisé par l'arbre et ce qui est éventuellement perdu.

Epoques d'apport et doses d'engrais P K: l'absorption annuelle de P et K est maximale en juin-juillet correspondant aux périodes d'activité maximale des racines. Il faut veiller à ce que ces éléments soient disponibles en quantités suffisantes pendant ces périodes. L'alimentation phospho-potassique des arbres ne pourrait être assurée de manière satisfaisante que si les engrais sont placés à proximité des racines. Ces engrais sont apportés en automne soit sur toute la surface ou de préférence localisés près des racines. La localisation de ces engrais en profondeur a fait preuve d'une grande efficacité comparativement à l'épandage en surface. En irrigation localisée, il serait préférable de les incorporer à l'eau d'irrigation, car leur migration est beaucoup plus importante que lorsque leur épandage est réalisé en surface.

Les doses moyennes recommandées pour les rosacées à pépins sont de l'ordre de 50 à 100 kg/ha de P₂O₅ et de 50 à 75 kg/ha de K₂O (sols sableux), de 75 à 100 kg/ha (sols limoneux), 150 kg/ha (sols argileux). Pour les arbres à noyau, il faudra majorer ces doses de 20 à 40 kg/ha pour la potasse.

Les quantités recommandées doivent être ajustées en fonction des observations de l'état des arbres et des résultats des analyses du sol et des feuilles.

Les normes sont calculées en fonction de la surface totale du verger. La ligne d'arbres représente environ le tiers de la surface totale du verger. L'application de la norme de fumure uniquement sur la ligne d'arbres y triple donc l'apport local (par unité de surface de la ligne d'arbres) alors que l'apport total par unité de surface de la culture correspond à la norme. Par exemple, si la norme corrigée correspond à 60 kg N/ha, la quantité épandue sur la ligne d'arbres (1/3 de la surface totale du verger) sera de 180 kg N par hectare de ligne d'arbres, pour un apport recommandé de 60 kg N par hectare de verger. En application localisée, il ne faut pas dépasser

Tableau 7. Fourchettes optimales des teneurs en éléments nutritifs des feuilles de rosacées fruitières

Elément	Pommier	Pêcher
N	2,0-2,4	3,4-4,1
P	0,15-0,40	0,15-0,40
K	1,2-2,0	2,3-3,5
Ca	0,8-1,5	1,0-2,5
Mg	0,25-0,40	0,3 -0,60
Mn	20-200	20-200
Fe	25-200	25-200
Zn	15-100	15-100
B	20-60	20-60

de plus de deux fois la dose prévue (normes). Donc, en cas de localisation de la fumure sur la ligne d'arbres, la fumure N par unité de surface locale, ne doit pas dépasser le double de la norme corrigée. Par contre, la totalité de la norme recommandée pour P₂O₅, K₂O et Mg peut être appliquée sur la bande.

Diagnostic foliaire

Les analyses du sol sont utiles pour connaître le pH ou l'acidité du sol et donc les besoins en chaux des cultures fruitières. Par contre, elles sont d'une utilité limitée pour la conduite de la fertilisation des arbres fruitiers, cultures dont les racines s'enfoncent loin à travers plusieurs couches de sol.

L'analyse foliaire, ou diagnostic foliaire, est le meilleur moyen de déterminer la quantité et la nature d'engrais à donner aux arbres fruitiers. Elle permet de mesurer les éléments nutritifs et elle indique, le cas échéant, s'il faut modifier le programme de fertilisation. Les analyses foliaires intègrent les facteurs qui peuvent influencer sur la disponibilité et l'absorption des éléments nutritifs en montrant l'équilibre qui existe entre ces derniers. Ainsi, une carence en magnésium (Mg) peut résulter d'un manque de magnésium dans le sol, d'une teneur en potassium trop élevée, ou de l'effet conjugué de ces deux conditions. L'analyse foliaire indique l'équilibre entre le potassium et le magnésium. Elle révèle aussi les carences cachées ou naissantes. Par exemple, on peut provoquer une carence en potassium en épandant de l'azote sur une terre peu pourvue en potassium parce que la croissance induite par l'azote entraîne de plus grands besoins en potassium. L'analyse foliaire permet de renseigner sur la façon dont les arbres ont assimilé les engrais qui ont été mis à leur pied et de ce fait complète l'analyse du sol. En effet, selon la nature du terrain, le travail du sol, l'irrigation, les conditions climatiques, les arbres peuvent se trouver dans l'impossibilité de se nourrir correctement bien que le sol contienne tous les éléments et les oligo-éléments nécessaires qui leur sont nécessaires. Pour être représentative, l'analyse doit se faire à une époque de l'année où la proportion des différents minéraux ne fluctue pas trop dans les feuilles. A cet égard, la feuille est utilisée comme élément du diagnostic de la nutrition chez les rosacées fruitières.

Après analyse, l'interprétation des résultats devra aboutir à des recommandations de programme de fertilisation en prenant comme référence des concentrations correspondant à un état nutritionnel adéquat. Ces concentrations sont appelées normes. Les principales normes étrangères établies pour les arbres fruitières sont regroupées dans les tableaux 6 et 7. Au Maroc, les normes à considérer pour la variété *Golden Delicious* greffée sur MM 106 sont: Azote 2,35; Phosphore 0,14 et potassium 2,10 ■.

Prof. Ahmed MAHOU

Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Rabat

a.mahhou@gmail.com

Exemples de diagnostic de conduite de fertilisation en verger de pommier

Dans cette partie nous présentons une synthèse d'un diagnostic de la conduite de la fertilisation, du pommier dans certains vergers marocains, réalisé en utilisant comme outils d'appréciation les analyses du sol et de feuilles.

Verger Oulmès

Analyses du sol

Le sol est riche en éléments fins variant entre 53 et 86%. Les carbonates et le calcaire actif sont à l'état de traces. La teneur du sol en calcium est de l'ordre de 800 mg/l correspondant à des teneurs moyennement faibles. Le pH est acide et la conductivité électrique est faible. Le taux de matière organique est moyen dans le premier horizon à faible dans le deuxième horizon. Le taux de potassium échangeable est moyen en surface et faible en profondeur. Les niveaux du phosphore assimilable et du phosphore de réserve sont très faibles aussi bien en surface qu'en profondeur (tableau A).

Analyses foliaires

Les taux d'azote et du potassium dans les feuilles sont normaux pour toutes les variétés du pommier, alors que celui du phosphore est satisfaisant. Le rapport N/P de 16,5 est bon ($14 \leq N/P \leq 17$), alors que le rapport K_2O/MgO est faible (< 4). Les teneurs foliaires d'azote satisfaisantes malgré les faibles quantités d'engrais minéraux azotés apportés sur certaines parcelles s'expliqueraient par le taux satisfaisant de la matière organique dans le sol. Pour le phosphore, les analyses ont révélé des teneurs satisfaisantes au niveau des feuilles, malgré des niveaux faibles dans le sol. En sol acide, relativement pourvu en matière organique, les risques d'immobilisation du phosphore sont moins importants ce qui le rend facilement utilisable par les racines de l'arbre. Pour le potassium, la richesse des feuilles même en présence d'un sol ayant un taux moyennement faible en K échangeable peut s'expliquer par le fait qu'en sol acide, l'assimilation des anions NO_3^- est favorisée plus que les cations NH_4^+ . Cette situation

aurait amélioré l'absorption des cations K^+ en raison de la synergie existante entre K^+ et NO_3^- . Comme nous sommes en présence d'un sol où il y a moins de calcium, le potassium serait mieux absorbé que dans le cas d'un sol ayant un excès en cet élément (tableau B).

Verger Meknès

Analyses du sol

Le taux des éléments fins est très élevé dans le premier horizon. Les taux de calcaire total et de calcaire actif sont très élevés notamment en profondeur. Le niveau de calcium est excessivement élevé aussi bien en surface qu'en profondeur. Le taux du potassium est très bon en surface et satisfaisant en profondeur. Le niveau du phosphore, variable d'une parcelle à une autre, est plus important en surface. Celui du phosphore dit en réserve est satisfaisant voire même très élevé. La teneur de la matière organique est satisfaisante notamment au niveau du premier horizon (tableau C).

Analyses des feuilles

Le niveau d'azote est bon pour avec 2,28 % de matière sèche, celui du phosphore est faible, alors que celui du potassium est satisfaisant. Le taux du calcium est normal et celui du magnésium est très élevé. Le rapport N/P est faible alors que K_2O/MgO est élevé.

Les taux élevés de calcaire en profondeur risquent de provoquer la chlorose d'où l'intérêt de maintenir les racines au niveau du premier horizon ayant une teneur faible en calcaire qui est riche en potasse et en matière organique. Celle-ci expliquerait les niveaux satisfaisants de l'azote dans les feuilles malgré la faiblesse des doses d'engrais azotés apportés. Pour le phosphore, il n'y a pas de corrélation entre la richesse du sol en cet élément et son taux dans les feuilles. Les teneurs satisfaisantes des feuilles en potasse sont dues au niveau très satisfaisant du potassium échangeable dans le sol résultant de l'épandage en surface de doses relativement élevées de potasse. Ainsi, en présence de quantités

importantes de potasse dans le sol, son absorption se fait dans de bonnes conditions même en présence de teneurs élevées de calcium et de magnésium (tableau B).

Conclusion

Les analyses de sol et de feuilles nous ont permis d'évaluer les fumures pratiquées dans certains vergers du pommier. A cet effet, les teneurs en azote des feuilles, normales dans tous les vergers, sont à attribuer au niveau satisfaisant du sol en matière organique et aux doses d'engrais minéraux épandus dans les parcelles. Pour le potassium, nous avons noté l'influence de la nature du sol sur l'absorption de cet élément.

(1) En sol acide pauvre en calcaire, même en présence d'un taux relativement faible en potassium échangeable dans le sol, la teneur des feuilles en potassium est normale et les rendements sont satisfaisants.

(2) En sol argilo-calcaire à pH élevé, la présence de calcaire, voire du magnésium, en grande quantité générerait l'alimentation potassique des arbres. Toutefois, avec des teneurs élevées du sol en potasse, l'assimilation de cet élément se fait normalement.

Quant au phosphore, nous avons constaté l'absence de corrélation entre la richesse du sol et la teneur des feuilles en cet élément. Toutefois, même avec des niveaux faibles du phosphore dans le sol on arrive à obtenir des rendements satisfaisants notamment en sol acide.

Les doses d'engrais azotés apportées pourraient être réduites notamment dans le cas de sols bien pourvus en matière organique tout en veillant à maintenir le niveau de celle-ci. Pour le potassium, il serait judicieux d'augmenter les doses apportées au sol ou de préférence faire des apports foliaires répétés de nitrate de potasse pour éviter l'effet antagoniste du calcium et du magnésium notamment dans des sols riches en ces deux éléments ■.

Tableau A. Résultats d'analyses du sol d'un verger de pommier dans les régions d'Oulmès

		Horizon (cm)	
		0-30	30-60
pH	H ₂ O	5,7	5,6
	KCl	4,7	4,6
% de la terre fine	Carbonates (calcaire total)	Traces	Traces
	Matière organique (Walkley et Black)	2	1,3
	Argile	32	31
	Limon	35	34
	Sable fin	8	8
	Sable moyen	7	8
	Sable grossier	15	20
Potassium échangeable (meq/100 g)		0,6	0,25
Chlore (mg /100 g de terre sèche)		1,35	1,50
Conductivité électrique (EC mmhos/cm)		0,14	0,1
mg/l dans l'extrait acétate de soude pH 4,8 assimilable	Potassium K	67	30
	Magnésium Mg	---	---
	Calcium Ca	800	850
	Phosphore PO ₄	2,50	0,10
Phosphate en réserve P ₂ O ₅ mg/l solution % acide citrique		30	5

Tableau B. Résultats d'analyses de feuilles du pommier (Golden Delicious) dans les régions d'Oulmès et Meknès

Région d'Oulmès	
Elément	Teneur (% MS)
N	2,61
P	0,16
K	1,52
N/P	16,31
Mg	0,44
K ₂ O/Mg	2,51
Ca	1,80
Région de Meknès	
Elément	Teneur (% MS)
N	2,28
P	0,14
K	1,92
N/P	16,28
Mg	0,56
K ₂ O/Mg	2,49
Ca	1,40

Tableau C. Résultats d'analyses du sol d'un verger de pommier dans la région de Meknès

		Horizon (cm)	
		0-30	30-60
pH	H ₂ O	8,2	8,3
	KCl	7,0	7,1
Calcaire actif (indice Drouineau)		7,9	12,5
% de la terre fine	Carbonates (calcaire total)	21,3	51,1
	Matière organique (Walkley et Black)	3,2	3,1
Potassium échangeable (meq/100 g)		3,08	1,65
Chlore (mg /100 g de terre sèche)		1,07	1,17
Conductivité électrique (EC mmhos/cm)		0,26	0,19
mg/l dans l'extrait acétate de soude pH 4,8 assimilable	Potassium K	126	79
	Magnésium Mg	---	---
	Calcium Ca	>5000	>5000
	Phosphore PO ₄	3,9	3,7
Phosphate en réserve P ₂ O ₅ mg/l solution % acide citrique		143	72