

## **Fertilité et fertilisation en arboriculture fruitière dans le Saïs et le Moyen-Atlas**

Rachid BOUABID <sup>1</sup> & Driss MOUSTAOUI <sup>1</sup>

### **1. INTRODUCTION**

Le pommier représente une des principales espèces fruitières dans la région du Saïs et du Moyen-Atlas. Sa productivité dépend notamment de la fertilisation, qui permet d'assurer aux arbres fruitiers l'apport en éléments minéraux nécessaires pour leur croissance, leur développement et leur production. Des prospections préliminaires au niveau de certains vergers de pommier dans les régions précitées ont permis de constater des disparités dans la conduite de la fertilisation et dans l'état nutritionnel des arbres, menant dans certains cas à des perturbations de la croissance et du développement, ainsi qu'à la dégradation de la qualité des fruits. Afin de mieux appréhender cette situation, un diagnostic approfondi a été réalisé au niveau d'un échantillon élargi de vergers dans les deux zones, avec les objectifs suivants:

- Caractériser la conduite de la fertilisation adoptée par les arboriculteurs.
- Évaluer l'état de fertilité des sols des vergers à travers l'étude de la disponibilité des principaux éléments minéraux au niveau du sol.
- Évaluer l'état nutritionnel en azote, phosphore, potassium, calcium et magnésium de ces vergers à travers une étude foliaire.

### **2. MATÉRIEL ET MÉTHODES**

L'étude a été réalisée par le biais d'enquêtes, d'analyses de sols et d'analyses de feuilles. Elle a porté sur 40 vergers au niveau du Saïs et 40 vergers au niveau du Moyen-Atlas. L'enquête a porté sur la caractérisation des vergers de pommier étudiés (variétés, classes d'âges, rendements, formes de conduite et systèmes d'irrigation) et la fertilisation adoptée aussi bien organique que minérale (nature, doses, fréquences, périodes et modes d'apport). Les prélèvements de sols ont été réalisés au courant du mois de janvier, avant l'apport des engrais (2 à 3 semaines avant débourrement),

---

<sup>1</sup> Département des Sciences du Sol, École Nationale d'Agriculture de Meknès, Maroc

et ont porté au niveau de chaque verger sur deux profondeurs (0-30 et 30-60 cm). Un échantillon composite a été obtenu suite à 8 prélèvements élémentaires réalisés selon la méthode des diagonales. La terre fine de ces sols a été soumise à la détermination des principales caractéristiques (texture, calcaire total, calcaire actif, pH et matière organique) et à la détermination de l'azote minéral selon la méthode au KCl, du phosphore assimilable extrait selon la méthode Olsen et du potassium et du magnésium échangeables extraits selon la méthode à l'acétate d'ammonium (Page *et al.*, 1982). Les feuilles ont été prélevées 10 semaines après la pleine floraison sur les arbres au niveau desquels les prélèvements de sols ont été réalisés. Ainsi, un échantillon composite a été également obtenu suite à 8 prélèvements élémentaires réalisés selon la méthode des diagonales. Les feuilles ont été lavées, séchées à 70°C jusqu'à poids constant, broyées et soumises à la détermination de leurs teneurs en azote, phosphore, potassium, calcium et magnésium (Cottenie *et al.*, 1982).

### 3. RÉSULTATS ET DISCUSSION

#### 3.1. Caractérisation des vergers étudiés

Le tableau 1 résume les principales caractéristiques des plantations de pommier étudiées. Les variétés dominantes dans les deux régions sont la Golden Delicious, la Starking Delicious, la Starkrimson et la Red Delicious (plus de 80%). Les variétés comme la Golden Smouthy, la Royal Gala, et la Red Chief sont également présentes mais dans des proportions faibles et variables d'une région à l'autre. Néanmoins, très peu d'arboriculteurs (17%) connaissent le porte-greffes de leurs variétés. Par conséquent, ce critère n'est pas pris en compte dans le choix des porte greffe en fonction des conditions édaphiques du verger. Les classes d'âge inférieures à 15 ans prédominent au niveau des deux régions et constituent 72,5% des vergers au niveau du Saïs et 92,5% des vergers au niveau du Moyen-Atlas. Le gobelet constitue la principale forme de conduite rencontrée (75,0% pour le Saïs et 95,0% pour le Moyen-Atlas).

Le système d'irrigation en gravitaire prédomine. Il est appliqué dans 60,0% des vergers, au niveau du Saïs et dans 80,0% dans le Moyen-Atlas. Ce mode d'irrigation ne permet pas de maîtriser les quantités d'eau apportées et, par conséquent, présente de forts risques de lessivage des éléments minéraux, notamment l'azote. Néanmoins, la rareté de l'eau et le coût de son pompage, notamment dans le Saïs a poussé un nombre important d'arboriculteurs à adopter ou à se reconvertir au goutte-à-goutte. Cependant, on remarque que dans certains cas le système racinaire des arbres s'est étalé avec l'irrigation gravitaire et trouve des difficultés à s'adapter à l'irrigation localisée avec la reconversion au goutte-à-goutte.

**Tableau 1. Caractéristiques des vergers de pommiers étudiés**

Région	Saïs				Moyen-Atlas			
Principales variétés	Golden Delicious, Red Delicious, Starking Delicious, Royal Gala, Red Chief				Golden Delicious, Starking Delicious, Starkrimson, Royal Gala, Red Delicious, Red Chief			
Classes d'âge (ans) et % vergers	<10 35,0%	11-15 37,5%	16-20 7,5%	>20 20,0%	<10 30,0%	11-15 62,5%	16-20 -	>20 7,5%
Formes et % vergers	Gobelet 75,0%		Axe vertical 25,0%		Gobelet 95,0%		Axe vertical 5,0%	
Systèmes d'irrigation et % vergers	Gravitaire 60,0%; Goutte-à-goutte 37,5% Micro-jet 2,5%				Gravitaire 80,0% Goutte-à-goutte 20,0%			
Rendements (t/ha) et % vergers	< 10 5,0%	10 - 20 45,0%	21 - 30 35,0%	> 30 15,0%	< 10 -	10 - 20 67,5%	21 - 30 25,0%	> 30 7,5%

Les rendements observés varient entre 8,0 et 35,0 t/ha au niveau du Saïs et entre 10 et 40 t/ha au niveau du Moyen-Atlas avec la prédominance des classes 10-20 t/ha, avec 45,0% des vergers dans le Saïs et 65% dans le Moyen-Atlas. Ceci montre que les productions réalisées restent en deçà des potentialités, sachant que certains vergers enregistrent des rendements allant jusqu'à 50 t/ha.

Le tableau 2 présente les principales caractéristiques physico-chimiques des sols des vergers étudiés. Les classes texturales prédominantes sont constituées, au niveau du Saïs, par les classes limono-sableuse et argileuse et, au niveau du Moyen-Atlas, par les classes argilo-limono-sableuse et argilo-limoneuse. Les teneurs en calcaire total varient entre 1,0 et 42,0% au niveau du Saïs et entre 4,8 et 77,6% au niveau du Moyen-Atlas et les teneurs en calcaire actif atteignent des valeurs de l'ordre de 16,0% au niveau des deux régions. Les pH varient du neutre dans les sols non ou faiblement calcaires, au basique dans le cas des sols à teneurs élevées en calcaire actif. La présence, au niveau de certains vergers, de quantités élevées de calcaire total et de calcaire actif et les pH élevés qui en résultent est susceptible de restreindre la disponibilité de certains éléments minéraux dont notamment le phosphore et certains oligo-éléments dont le fer, le cuivre, le zinc et le manganèse. Le phosphore peut évoluer vers des formes de phosphates de calcium non assimilables par les plantes. De même, en présence de pH élevés, le fer, le cuivre, le zinc et le manganèse peuvent évoluer vers des formes hydroxydes non assimilables par les plantes. Les teneurs en matière organique observées varient entre des teneurs jugées faibles (1,0%) et des teneurs jugées satisfaisantes à élevées (2,70-6,89%). Les horizons de surface présentent en général des valeurs supérieures à celles des horizons de profondeur. Ceci peut être expliqué par l'accumulation des apports de matière organique (fumier et feuilles) au niveau des horizons de surface.

**Tableau 2. Principales caractéristiques des sols des vergers étudiés**

Caractéristiques et profondeurs (cm)		Saïs			Moyen-Atlas		
		Min.	Max.	Moy.	Min.	Max.	Moy.
Argiles (%)	0 - 30	8,6	53,1	27,4	9,5	43,2	26,0
	30 - 60	12,0	51,9	29,9	20,0	48,1	32,0
Limons (%)	0 - 30	8,1	73,2	45,5	13,7	64,7	35,5
	30 - 60	9,2	73,1	41,9	18,0	68,5	40,4
Sables (%)	0 - 30	8,3	75,8	27,1	9,1	64,7	36,6
	30 - 60	6,4	72,8	28,2	5,4	47,6	24,5
Classes texturales et %	0 - 30	LS=45,0% ; A=32,5% ; Autres (ALO, AS) = 22,5%			ALS=30,0% ; AL=22,5% ; A=12,5% ; Autres=25,0%		
	30 - 60	A=45,0% ; LS=40,0% ; Autres (ALO, L) =15,0%			ALS=60% ; A= 17,5% ; Autres (AL, AS, LA)=22,5%		
Calcaire total (%)	0 - 30	1,0	40,0	8,4	6,3	74,4	34,2
	30 - 60	1,0	42,0	9,2	4,8	77,6	31,8
Calcaire actif (%)	0 - 30	0,5	16,0	4,7	4,4	16,3	11,3
	30 - 60	0,6	16,0	5,4	1,9	16,1	10,7
pH	0 - 30	6,2	8,3	7,6	5,1	8,6	7,8
	30 - 60	6,1	8,4	7,6	7,1	8,8	8,0
Mat. organique (%)	0 - 30	1,68	6,89	3,28	1,50	4,10	2,90
	30 - 60	1,24	5,20	3,08	0,20	2,70	1,40

LS=Limono-sable ; A= Argile ; ALO=Argile lourde ; AS=Argilo-sable; L=Limon ; ALS=Argilo-limono-sable ; AL=Argilo-limon; LA=Limono-argile.

### 3.2. Caractérisation de la fertilisation adoptée

Le tableau 3 résume les principales caractéristiques des apports de fumier adoptés. La fertilisation organique adoptée est constituée par des apports de fumier de bovin, d'ovin et de volaille, apportés séparément ou en combinaison.

L'apport de fumier bovin seul prédomine au niveau du Saïs (85,0% des vergers) et l'apport de fumier ovin seul prédomine au niveau du Moyen-Atlas (90,0% des vergers). La prédominance de chacun de ces fumiers au niveau de chaque région peut être expliquée par leur disponibilité en raison de la prédominance de l'élevage bovin au niveau du Saïs et de l'élevage ovin au niveau du Moyen-Atlas. Les apports combinés de différents fumiers restent faibles au niveau des deux régions étudiées. L'apport notamment de fumier de volaille reste très limité malgré sa richesse en éléments minéraux.

**Tableau 3. Caractéristiques des apports de fumier adoptés**

Type de fumier % vergers	Saïs.....				Région Moyen-Atlas.....			
	Bovin	Ovin	Bov.+ Ov.*	Bov+Vol.*	Bovin	Ovin	Bov.+ Ov.*	Bov+Vol.*
Quantités t/ha.an)	85,0%	7,5%	5,0%	2,5%	-	90,0%	-	10,0%
	Min.	Max.	Moy.		Min.	Max.	Moy.	
	3,5	30,0	13,0		9,0	34,0	15,0	
Fréquence des apports	1 /an	1 /2ans	1 /3ans	1 /4ans	1 /an	1 /2ans	1 /3ans	1 /4ans
% vergers	40,0%	52,5%	7,5%	-	15,0%	30,0%	55,0%	-

\* Bov.+ Ov = Bovin + Ovin; Bov+Vol. = Bovin + Volaille

Le tableau 4 indique, à titre comparatif, les compositions en azote, phosphore, potassium, calcium et magnésium des différents fumiers utilisés. Le fumier de volaille présente particulièrement des teneurs plus élevées en azote et en phosphore que les autres types de fumier.

**Tableau 4. Teneurs (% M.S.) en N, P, K, Ca et Mg des fumiers de bovins, d'ovins et de volaille**

Type de fumier	Elément.....				
	N	P	K	Ca	Mg
Bovin	2,1	0,6	1,8	2,5	0,5
Ovin	2,6	0,7	1,9	3,2	0,9
Volaille	3,6	2,1	1,8	2,8	0,7

Les quantités de fumier apportées varient entre 3,5 et 30,0 avec une moyenne de 13,0 t/ha.an au niveau du Saïs et entre 9,0 et 34,0 avec une moyenne de 15,0 t/ha.an au niveau du Moyen-Atlas. Ces quantités moyennes apportées restent inférieures aux apports normalement recommandés qui sont de l'ordre de 20,0 t/ha.an (Gautier, 1993). Les fréquences d'apport d'une fois tous les ans (40% des vergers) et d'une fois tous les deux ans (53% des vergers) prédominent au niveau du Saïs. Les fréquences d'une fois tous les deux ans (30% des vergers) et d'une fois tous les trois ans (55% des vergers) prédominent au niveau du Moyen-Atlas.

Le tableau 5 illustre les caractéristiques de la fertilisation azotée, phosphatée et potassique adoptée. Les données obtenues ont montré que certains vergers ne présentent pas tous les éléments à la fois.

Les quantités maximales apportées atteignent, pour l'azote, 200 kg/ha (Saïs) et 550 kg/ha (Moyen-Atlas). Pour le phosphore, elles sont de 190 kg/ha (Saïs) et 450 kg/ha (Moyen-Atlas) et pour le potassium de 175 kg/ha (Saïs) et 375 kg/ha (Moyen-Atlas).

**Tableau 5. Caractéristiques de la fertilisation minérale adoptée**

Variation des apports (kg/ha)	Elément	... Saïs.....			..... Moyen-Atlas.....		
		Min.	Max.	Moy.	Min.	Max.	Moy.
	N	-	200,0	90,5	20,0	550,0	360,0
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	-	190,0	70,0	-	450,0	180,0
	K <sub>2</sub> O	-	175,0	86,0	-	375,0	100,0
Période d'apport	Elément	AD*	Nouaison	Grossissement	AD*	Nouaison	Grossissement
	N	x	x	x	x	x	x
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	x			x		
	K <sub>2</sub> O	x			x		
Mode d'apport et *	Elément	Gén*	Localisé	Fertigation	Gén*	Localisé	Fertigation
	N	-	85,0%	15,0%			
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	-	95,0%	5,0%	4,0%	96,0%	-
	K <sub>2</sub> O	-	95,0%	5,0%			

\* AD: Avant débourrement ; et: et % vergers ; Gen : Généralisé

Les quantités moyennes apportées ont été, au niveau du Saïs, de 90, 70 et 86 kg/ha et, au niveau du Moyen-Atlas, de 360, 180 et 100 kg/ha, respectivement pour l'azote, le phosphore et le potassium. Les quantités ainsi apportées apparaissent élevées au niveau du Moyen-Atlas, notamment en ce qui concerne le phosphore et plus particulièrement l'azote. Les formes d'engrais utilisées sont souvent composées (14-28-14, 0-16-32, 11-55-0). L'apport des compléments d'azote est dominé par l'ammonitrate. Néanmoins, un nombre non négligeable (30%) d'arboriculteurs ne connaît ni la composition en unités fertilisantes ni la différence de composition entre les différents engrais adoptés. Le choix de la forme reste tributaire des échanges d'information avec d'autres arboriculteurs.

La fertilisation foliaire a été rencontrée sur un nombre limité de vergers (20% au Saïs et 15% au Moyen-Atlas), avec des applications souvent liées à l'apparition de chloroses ferriques très sévères associées à la nature calcaire des sols, notamment dans le Saïs. Les produits utilisés sont généralement des panachés d'oligo-éléments, sans attention particulière à la composition ni aux formes des produits (chélatés ou non). Quelques cas seulement ont déclaré le recours à titre préventif d'application de calcium avant maturité.

Le tableau 6 montre la répartition des vergers de pommier étudiés par rapport aux valeurs indicatives proposées par la SASMA (Benhomes, 1986). Deux remarques importantes apparaissent au vu de cette répartition. Au niveau du Saïs, de nombreux vergers (60,0 à 85,0%) reçoivent des quantités de fertilisants (N, P et K à la fois) inférieures aux valeurs proposées par la SASMA. En revanche au niveau du Moyen-Atlas, de nombreux vergers reçoivent des quantités d'azote supérieures (82,5% des vergers) et des

quantités de potassium inférieures (65,0% des vergers) aux valeurs proposées par la SASMA. Les apports élevés d'azote observés peuvent induire un développement végétatif important, mais d'un autre coté ils peuvent se répercuter négativement sur la fructification et sur la qualité des fruits.

**Tableau 6. Répartition (%) des vergers de pommier étudiés par rapport aux quantités de fertilisants proposées par la SASMA**

Élément	Valeurs SAS MA (kg/ha)	Saïs.....			Moyen-Atlas.....		
		<SASMA	=SASMA	>SASMA	<SASMA	=SASMA	>SASMA
N	110 - 130	60,0%	15,0%	25,0%	17,5%	-	82,5%
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	90 -110	75,0%	7,5%	17,5%	37,5%	15,0%	47,5%
K <sub>2</sub> O	140 - 160	85,0%	7,5%	7,5%	65,0%	-	35,0%

En ce qui concerne les périodes d'apport, l'azote est fractionné et apporté à trois périodes: avant débourrement, nouaison et grossissement des fruits. Les arboriculteurs conviennent presque tous sur ces trois stades, mais ils ne les identifient pas tous de la même manière. L'azote étant mobile dans le sol, son apport est fractionné pour le faire coïncider avec les besoins intenses des arbres afin d'être absorbé rapidement et échapper à un lessivage éventuel. Toutefois, dans plusieurs vergers, l'efficacité de ce fractionnement peut être influencée par l'irrigation gravitaire pratiquée qui peut engendrer des pertes non négligeables par lessivage entre les trois périodes. Le phosphore et le potassium sont apportés entièrement avant le débourrement. Ces éléments étant peu mobiles dans le sol et leur apport précoce permet leur migration progressive au niveau des racines et leur absorption au fur et à mesure des besoins des arbres.

L'apport localisé des engrais constitue le mode d'apport le plus généralement adopté et représente 95,0 et 96,0% des vergers, respectivement au niveau du Saïs et du Moyen-Atlas. L'apport généralisé est absent au niveau du Saïs mais encore d'usage dans quelques vergers du Moyen-Atlas (4,0% des vergers). L'apport par la fertigation est absent au niveau du Moyen-Atlas et peu rencontré au niveau du Saïs (5,0% des vergers).

De manière générale, on note que le raisonnement de la fertilisation repose rarement sur des analyses de sols ou de feuilles. Les conseils sont souvent recherchés auprès de revendeurs d'engrais ou échangés entre arboriculteurs. Quelques arboriculteurs seulement ont recours à des recommandations documentées ou à l'avis de spécialistes. Certains envoient leurs échantillons à des laboratoires étrangers, mais reçoivent uniquement des analyses sans recommandation de fertilisation. Le non recours aux analyses n'est pas justifié par leur coût, mais plutôt attribué à la méconnaissance du manque à gagner en adoptant cette pratique.

### 3.3. Caractérisation de la fertilité des sols

Le tableau 7 donne les teneurs des sols des vergers étudiés en azote minéral, phosphore assimilable, potassium et magnésium échangeables. Les niveaux en ces 4 éléments varient d'un verger à l'autre et d'une région à l'autre. L'azote minéral et le phosphore sont plus présents dans les horizons de surface qu'en profondeur. Cette tendance peut être attribuée à la minéralisation de la matière organique dans le cas de l'azote, et à l'immobilisation par la présence du calcaire et d'un pH élevé dans le cas du phosphore. Le potassium échangeable montre des valeurs moyennes relativement élevées, notamment au Saïs, mais avec une différence moindre entre l'horizon de surface et celui de profondeur. Les teneurs en magnésium échangeable sont également élevées et indiquent une saturation des sols en cet élément, typiques des sols calci-magnésiques.

**Tableau 7. Teneurs (mg/kg sol) en azote minéral, phosphore assimilable et potassium et magnésium échangeables des sols des vergers étudiés**

Elément	Profondeur (cm)	.....Saïs.....			..... Moyen-Atlas.....		
		Min.	Max.	Moy.	Min.	Max.	Moy.
N minéral	0 - 30	26,2	65,4	37,2	17,7	148,5	63,7
	30 - 60	20,6	247,0	54,0	4,7	53,2	17,5
P Olsen	0 - 30	4,5	21,6	11,2	0,9	37,2	12,1
	30 - 60	3,5	15,2	8,5	0,2	8,1	1,8
K <sub>2</sub> O échangeable	0 - 30	330,0	1385,0	817,0	37,0	830,0	353,0
	30 - 60	241,0	1193,0	671,0	71,0	508,0	262,0
MgO échangeable	0 - 30	363,0	954,0	581,0	332,0	949,0	530,0
	30 - 60	369,0	990,0	677,0	320,0	1031,0	590,0

L'appréciation de ces teneurs par rapport à des valeurs de référence (Tableau 8) a fait ressortir globalement qu'un nombre important de vergers demeure pauvre en azote minéral et en phosphore assimilable au niveau des deux régions, aussi bien en surface qu'en profondeur. D'un autre côté, elle montre des niveaux satisfaisants à riches en potassium au Saïs et à un moindre degré au Moyen-Atlas. La richesse en cet élément constatée dans plusieurs sols peut être due, non seulement aux apports, mais également à des réserves héritées liées à leur nature minéralogique. Les teneurs en magnésium échangeable indiquent que tous les sols sont bien pourvus en cet élément. Toutefois, les niveaux élevés de potassium observés peuvent jouer un rôle antagoniste vis-à-vis de cet élément et engendrer des situations de malnutrition magnésienne.

**Tableau 8. Appréciation des teneurs en azote minéral, phosphore assimilable et potassium et magnésium échangeables des sols des vergers étudiés**

Élément	Profondeur	.....Saïs.....			.....Moyen-Atlas.....		
		Pauvre	Satisfaisant	Riche	Pauvre	Satisfaisant	Riche
Azote	0-30 cm	65,0	35,0	-	30,0	40,0	30,0
(% sols)	30-60 cm	60,0	25,0	15,0	95,0	5,0	-
Phosphore	0-30 cm	55,0	40,0	5,0	45,0	35,0	20,0
(% sols)	30-60 cm	65,0	35,0	-	100,0	-	-
Potassium	0-30 cm	5,0	40,0	55,0	35,0	45,0	20,0
(% sols)	30-60 cm	7,5	45,0	47,5	45,0	50,0	5,0
Magnésium	0-30 cm	-	-	100	-	-	100
(% sols)	30-60 cm	-	-	100	-	-	100

N : Pauvre < 40 mg/kg ; Satisfaisant 40-80 mg/kg ; Riche > 80 mg/kg ; P : Pauvre < 10 mg/kg ; Satisfaisant 10-20 mg/kg ; Riche > 20 mg/kg ; K<sub>2</sub>O : interprété en fonction du taux d'argile ; Abaque (Badraoui, 1989) ; Mg : Pauvre < 50 mg/Kg ; Satisfaisant > 50 mg/Kg (Tisdale *et al.*, 1993)

### 3.4. Caractérisation des teneurs foliaires en N, P, K, Ca et Mg

Le tableau 9 donne les teneurs des feuilles des vergers étudiés en azote, phosphore, potassium, calcium et magnésium. Les teneurs moyennes observées en % MS ont été pour l'azote de 2,59 dans le Saïs et de 2,80 dans le Moyen-Atlas, pour le phosphore de 0,17 dans le Saïs et de 0,14 dans le Moyen-Atlas, pour le potassium de 1,79 dans le Saïs et de 1,85 dans le Moyen-Atlas, pour le calcium de 1,50 dans le Saïs et de 1,41 dans le Moyen-Atlas et pour le magnésium de 0,24 dans le Saïs et de 0,27 dans le Moyen-Atlas.

Le tableau 10 donne l'appréciation de ces teneurs foliaires selon l'indice corrigé IC de Kenworthy (Kenworthy, 1973; Decrou, 1988). Cette appréciation a fait ressortir que :

- 75% des vergers du Saïs et 80% des vergers du Moyen-Atlas sont considérés comme bien alimentés en azote (satisfaisants à riches). La non concordance entre ces résultats et ceux des analyses de sols est attribuée à la non prise en compte de la minéralisation de la matière organique et aux apports d'engrais azotés réalisés *a posteriori* des analyses de sols.
- Environ les 2/3 des vergers sont considérés comme pauvres en phosphore dans les deux régions.
- La majorité des vergers est considérée comme bien alimentée en potassium, calcium et magnésium (92,5% au niveau du Saïs et 77,5% au niveau du Moyen-Atlas en ce qui concerne le potassium, 95,0% au niveau du Saïs et 72,5% au niveau du Moyen-Atlas en ce qui concerne le calcium et 75,0% au niveau des deux régions en ce qui concerne le magnésium).

**Tableau 9. Teneurs foliaires (% M.S.) en azote, phosphore, potassium, calcium et magnésium des vergers étudiés**

Elément	.....Saïs.....			..... Moyen-Atlas.....		
	Min.	Max.	Moy.	Min.	Max.	Moy.
N	1,68	3,80	2,59	1,11	3,68	2,80
P	0,10	0,31	0,17	0,04	0,29	0,14
K	1,27	2,26	1,79	1,20	2,81	1,85
Ca	0,80	1,80	1,50	0,72	1,68	1,41
Mg	0,16	0,32	0,24	0,14	0,32	0,27

**Tableau 10. Appréciation des teneurs foliaires en azote, phosphore, potassium, calcium et magnésium des vergers étudiés**

Elément	.....Saïs.....			..... Moyen-Atlas.....		
	Pauvre IC<83	Satisfaisant IC=83-117	Riche IC>117	Pauvre IC<83	Satisfaisant IC=83-117	Riche IC>117
N (% vergers)	25,0	40,0	35,0	20,0	17,5	62,5
P (% vergers)	60,0	32,5	7,5	62,5	22,5	15,0
K (% vergers)	7,5	67,5	25,0	22,5	40,0	37,5
Ca (% vergers)	5,0	75,0	20,0	27,5	72,5	-
Mg (% vergers)	25,0	75,0	-	25,0	75,0	-

### 3.5. Rapport K/Mg et K+Mg/Ca dans les feuilles

Le rapport K/Mg est élevé dans la plupart des cas (Tableau 11). L'absorption de quantités élevées de potassium dans les cas de sols riches (Cf. Tableaux 7 et 9) peut induire un antagonisme K-Mg et peut engendrer des situations à risque de carence en Mg. En effet, des situations de carence très manifestée en Mg ont été relevées dans des vergers du Moyen-Atlas et ont été attribuées à un déséquilibre nutritionnel dû à un excès de K dans le sol et dans les feuilles.

**Tableau 11. Variation des rapports K/Mg et K+Mg/Ca dans les feuilles des vergers**

Rapport	.....Saïs.....			..... Moyen-Atlas.....		
	Min.	Max.	Moy.	Min.	Max.	Moy.
K/Mg	4,6	13,3	7,5	4,4	11,5	6,9
K+Mg / Ca	0,9	2,4	1,8	1,4	3,0	2,1
% de vergers à risque de 'bitter pit'		50 %			70 %	

Les rapports K+Mg/Ca observés dans les feuilles varient, respectivement au niveau du Saïs et du Moyen-Atlas, de 0,90 à 2,40 avec une moyenne de 1,80 et de 1,40 à 3,0 avec une moyenne de 2,10 (Tableau 11).

L'interprétation de ces données, basée sur un seuil d'apparition du bitter-pit pour un rapport K+Mg/Ca = 1,5, a fait apparaître que 50% des vergers du Saïs et 70% des vergers du Moyen-Atlas sont à risque pour l'apparition de cette maladie.

#### 4. CONCLUSION

La gestion de la fertilité et de la fertilisation des vergers étudiés a fait ressortir des disparités importantes dans sa conduite. Son raisonnement repose rarement sur la base d'analyses de sols et de feuilles. Il repose dans la plupart des cas sur les conseils recherchés auprès des revendeurs d'engrais. Des situations extrêmes, allant des cas où un ou deux éléments nutritifs ne sont pas apportés à des cas où certains éléments sont apportés en quantités excessives, ont été observées.

En plus des quantités apportées, les rapports entre certains éléments nutritifs, notamment le potassium, le calcium et le magnésium, doivent être respectés afin d'éviter tout risque d'apparition de déséquilibres à ce niveau. De même, en ce qui concerne le mode d'apport, la fertigation n'est adoptée qu'à très faible échelle.

Aussi, l'irrigation doit être mieux conduite. La dominance du gravitaire présente de forts risques de lessivage, notamment de l'azote. Les différentes situations constatées indiquent que la gestion de la fertilité et de la fertilisation des vergers de pommier dans la région est très disparate. La nécessité d'efforts d'encadrement, d'incitation aux analyses (de sols et de feuilles) et d'utilisation de fiches techniques est apparue essentielle pour le renforcement des capacités des arboriculteurs pour raisonner la fertilisation en tant que facteur d'amélioration de la productivité (quantité et qualité) et de la préservation de l'environnement.

#### RÉFÉRENCES CITÉES

- Badraoui M, Soudi B, Agbani M, El Gharous M & Karrou M (2000) Normes d'interprétation des analyses de sol pour les cultures de blé et de la betterave (cas des Doukkala). *Transfert de technologie en Agriculture, N° 70, PNTTA, MADRPM/DERD*
- Benhomes M (1986) Contribution à l'étude de la fertilisation azotée et phosphopotassique chez le pommier dans la région de Meknès - Ifrane. Mémoire de troisième cycle, Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Rabat

- Cottenie A., Verloo M, Velghe G & Camerlynck M (1982) Chemical analysis of plants and soils. *Lab. Anal. Agr., State Univ., Gent, Belgium*
- Decroux J (1988) L'analyse foliaire et son utilisation. *Arbo. Frui.* 406: 55-58
- Gautier (1993) La culture fruitière. Vol. I. Lavoisier, 594 p.
- Kenworthy AL (1973) Leaf Analysis as an Aid in Fertilizing Orchards. In L.M Walsh & J.D. Beaton (eds). *Soil Testing and Plant Analysis*. Soil Science Society of America, Inc., Madison WI
- Page AL, Backer DE, Keeney DR, Miller RH & Rhodes JD (1982) Methods of soil analysis. *Part 2. Chemical and microbiological properties. Amer. Soc. Agr., U.S.A.*
- Tisdale SL, Nelson WL, Beaton JD & Havlin JL (1993) *Soil fertility and fertilizers*. Fifth Edition, Macmillan Publishing Company, New York