

Carences minérales chez la grenadille (*Passiflora edulis* SIMS var. *flavicarpa*).

II. Carences totales en N, P, K, Ca, Mg.

Influences sur la composition minérale des organes de la plante.

J. MARCHAL, J.P. BLONDEAU et Y. BERTIN *

CARENES MINERALES CHEZ LA GRENADILLE
(*PASSIFLORA EDULIS* SIMS VAR. *FLAVICARPA*)

II - Carences totales en N, P, K, Ca, Mg.

Influences sur la composition minérale des organes de la plante

J. MARCHAL, J.P. BLONDEAU et Y. BERTIN (IRFA)

Fruits, oct. 1978, vol. 33, n° 10, p. 681-691.

RESUME - Les carences totales en N, P, K, Ca, Mg provoquent des modifications de la composition minérale de tous les organes de la grenadille cultivée sur solution. Ces modifications interviennent pour l'élément carencé mais aussi pour les teneurs et dans les équilibres des autres éléments. Cependant la carence totale en l'un des cations n'entraîne pas nécessairement de réactions antagoniques des deux autres ; elles sont intenses surtout dans le cas de la carence en calcium.

Dans la plante normalement alimentée le calcium est quantitativement le plus important, cependant sa carence entraîne les perturbations les moins intenses. A l'opposé le phosphore quantitativement le plus faible des cinq éléments analysés aura les effets les plus intenses après l'azote qui est toujours l'élément essentiel.

La technique d'expérimentation pour l'étude des carences totales de la grenadille en N, P, K, Ca et Mg, et la description des symptômes, ont été présentées dans un article précédent (1). Les résultats de l'analyse minérale des feuilles prélevées en cours de végétation et des divers organes échantillonnés à la destruction des plants sont exposés ici (**).

* - J. MARCHAL, IRFA-GERDAT, B.P. 5035, 34032 MONTPELLIER Cedex
J.P. BLONDEAU et Y. BERTIN, IRFA, B.P. 153, 97200 Fort-de-France

** - Ces analyses ont été effectuées par Mme Micheline DORMOY (IRFA) en Martinique pour les prélèvements en cours de cycle ; et par les laboratoires communs interinstituts du GERDAT à Montpellier pour les bilans en fin de cycle.

ECHANTILLONNAGE

Deux modes d'échantillonnage ont été pratiqués.

Prélèvements de feuilles en cours de croissance.

L'échantillon est constitué des limbes et des pétioles.

A la suite des résultats des travaux réalisés en Côte d'Ivoire (6), deux types de feuilles ont été prélevés.

- Les premières feuilles, à partir de l'apex des rameaux, ayant atteint leur plein développement. Elles sont appelées ici feuilles adultes. Elles sont situées en général en position 3 mais parfois en position 4 ou 5 selon les conditions de

croissance. Ces échantillonnages ont été effectués deux, trois, cinq et sept mois après le début de l'expérimentation. La carence en azote a produit des feuilles échantillonnables aux deux premières dates seulement.

- Feuilles situées à l'aisselle d'un bouton floral prêt à s'épanouir. Elles sont plus âgées que les précédentes. Il a été possible d'en prélever aux troisième et cinquième mois, mais dans le cas de la carence en azote aucun bouton floral ne s'est développé.

Bilan à la destruction de l'essai.

Après huit mois d'expérimentation, les différents organes de chacun des plants de l'essai ont été séparés et pesés afin d'effectuer un bilan pondéral et minéral comparatif des cinq carences et du témoin expérimentés.

Sept types d'échantillons furent préparés pour chaque plant :

Les racines.

La tige principale subdivisée en deux segments :

- la partie tuteurée verticalement et dont les ramifications étaient supprimées (1) ; elle est appelée dans la suite tige 1 ;
- la tige maintenue horizontale et portant les ramifications secondaires ; elle est appelée tige 2.

Les ramifications secondaires, elles constituent deux échantillons :

- les ramifications issues de la partie basale de la tige 2 sur une longueur de 1,50 m ; elles sont appelées rameaux 1 ;
- les ramifications issues de la partie apicale de la tige 2 ; elles sont appelées rameaux 2.

Les feuilles, sans tenir compte de leur position sur la tige et sur les ramifications. Dans le cas de la carence en azote, elles étaient complètement desséchées.

Les fruits. La pulpe et les graines n'ont pas été conservées en raison des problèmes de séchage. Seul le péricarpe a donc été analysé. Au moment de l'échantillonnage, seuls quelques plants portaient un nombre réduit de fruits, les autres avaient été récoltés à maturité. Un échantillonnage identique a été pratiqué au sixième mois.

Il n'y a donc de bilan complet que pour les organes végétatifs. Les résultats d'analyse des péricarpes des fruits ne sont qu'indicatifs et il n'a pas été possible d'effectuer un calcul statistique sur les chiffres, le nombre de répétitions étant insuffisant et variable selon les traitements.

RÉSULTATS

Ils apparaissent dans les tableaux 1 à 9 et les figures 1 à 6.

Chaque plant constitue une des huit répétitions de l'essai disposé en blocs de Fisher, à 6 traitements (témoin, -N, -P, -K, -Ca, -Mg). A la fin de l'expérimentation les plants carencés en azote étaient réduits aux racines et à la tige verticale (tige 1). Dans le cas des carences en potassium et en phosphore, les ramifications secondaires se sont assez peu développées sur la zone apicale de la partie horizontale de la tige, certains plants n'en portaient même pas ; il a alors été nécessaire pour cette classe d'organe - les rameaux 2 - d'effectuer le calcul statistique en considérant un dispositif d'essai à répétition variable.

Les résultats des calculs statistiques font apparaître des coefficients de variation élevés, de l'ordre de 30 p. 100, très probablement liés aux différences importantes de croissance d'un plant à l'autre du même traitement ; chaque plant constituant une répétition, les effets individuels ne sont pas atténués.

DISCUSSION

Chacune des carences totales a, dans chaque organe, un effet très significativement dépressif sur la teneur et la masse immobilisée de l'élément carencé ; elle influe parfois très intensément sur les autres éléments.

Masse végétale.

Les poids moyens des organes frais (tableau 1) ou secs - avec des variations importantes entre individus - sont toujours les plus élevés chez le témoin ; les écarts sont assez faibles avec la carence en calcium. Celle-ci a cependant un effet plus intense sur la longueur des organes que les carences en potassium ou magnésium (1). La carence en azote étant mise à part, puisqu'une partie seulement des organes se sont développés, la carence en phosphore a les influences les plus intenses, sauf sur la masse foliaire pour laquelle le défaut de magnésium paraît encore plus défavorable. La carence en magnésium a provoqué la nécrose et la chute des feuilles de la tige et de la base des rameaux secondaires. La masse synthétisée réellement est donc plus importante qu'indiquée dans le tableau.

Les teneurs en matière sèche sont abaissées nettement, et surtout par les cations, mais seulement dans les feuilles et les racines (tableau 2). Le potassium a un rôle sur l'hydratation des tissus qu'il favorise habituellement, or dans ce cas de carence en potassium les racines et les feuilles sont plus riches en eau que les mêmes organes des témoins. Cependant, les fruits des plants carencés en potassium se sont très souvent desséchés sur pied. Dans les feuilles la carence en magnésium a un effet encore plus intense. Ainsi dans l'ensemble de la plante, les cinq carences totales tendent à favoriser la rétention de l'eau tout en réduisant la synthèse de tissus.

TABLEAU 1 - Poids moyen frais en grammes des organes végétatifs à la destruction des plants de grenadille, au huitième mois de culture sur solutions carencées.

Traitements	T	-N	-P	-K	-Ca	-Mg
Organes						
Feuilles	938		329	293	800	166
Rameaux 2	152		8	40	93	109
Rameaux 1	309		52	161	284	191
Tige 2	272		85	195	266	193
Tige 1	321	21	84	224	225	186
Racines	976	18	138	462	628	307
Total :	2.968	39	696	1.379	2.296	1.152

TABLEAU 2 - Influence des traitements sur les teneurs en matière sèche des organes des plants de grenadille (M.S. p. 100 de M.F.).

Traitements	T	-N	-P	-K	-Ca	-Mg
Organes						
Feuilles	30,1		27,8	21,9	23,8	15,4
Rameaux 2	29,4		29,2	27,6	28,6	25,5
Rameaux 1	31,0		32,7	31,4	28,9	29,3
Tige 2	36,1		33,8	36,8	33,8	35,6
Tige 1	34,9	28,4	37,5	38,9	34,3	34,7
Racines	22,1	19,4	19,5	14,4	19,1	16,7

Analyses minérales des organes végétatifs.

Carence en azote.

Comparée au témoin, la teneur en azote diminue assez peu ; l'azote absorbé par la jeune plante, avant la mise en place des carences, s'est dilué dans une masse végétale réduite, aussi la quantité d'azote immobilisée est-elle très faible (tableaux 6 et 7).

Disponible en plus grande quantité que dans la solution témoin, par suite des compensations entre anions, le phosphore est absorbé et tend à s'accumuler. Cependant dans la feuille venant de terminer sa croissance, quand elle existait, cette accumulation du phosphore apparaît à l'échantillonnage du troisième mois seulement. Par contre, l'absorption du calcium est freinée (figure 4), mais avec une réaction antagonique du potassium dans la tige seule.

Carence en phosphore.

Cette carence a rapidement un effet dépressif sur l'allongement de la tige et les symptômes foliaires sont apparus dès le premier mois (1). Dans la feuille adulte prélevée au cours du cycle, seule la diminution de la teneur en phosphore par rapport au témoin est constante (P p. 100 M.S.) :

		2 mois	5 mois	7 mois
feuille adulte	témoin	0,44	0,36	0,28
	-P	0,18	0,22	0,09

A la destruction des plants, la carence abaisse les teneurs en phosphore de moitié par rapport au témoin (figure 2, tableau 4) ; mais la quantité de phosphore immobilisée (tableaux 6 et 7) se trouve diminuée dans de plus grandes proportions, la masse des organes était elle-même fort réduite.

Pour maintenir l'équilibre ionique la solution carencée est enrichie en azote (de moins de 10 p. 100) ; dans la feuille adulte au cours du cycle les effets sur les teneurs en azote sont très faibles.

A la destruction des plants, l'augmentation de teneur en azote des organes dépasse cette compensation. Ce taux plus élevé sera mal rentabilisé en rapport avec le défaut du phosphore, probablement parce que certains composés du phosphore sont nécessaires aux réactions enzymatiques de la chaîne du métabolisme de l'azote - réduction des nitrates, constitution des acides nucléiques ...-. Au total la masse d'azote, comme des autres éléments, immobilisée dans un plant carencé en phosphore, sera diminuée en liaison avec le poids plus faible des organes (tableau 7).

A la destruction des plants, dans les feuilles, l'augmentation des teneurs en potassium ne compense pas la diminution des niveaux du calcium et du magnésium (figures 3, 4, 5) ; aussi la somme des cations décroît-elle, la proportion du magnésium étant maintenue. Dans les autres organes, il y a aussi augmentation des niveaux du potassium mais moins

intense, elle est en grande partie compensée par l'abaissement des niveaux du calcium et du magnésium ; aussi, sauf dans les racines, la somme des cations est-elle peu différente de celle du témoin (tableau 5) avec un déplacement des équilibres entre cations au profit du potassium.

Une telle élévation du niveau du potassium dans les feuilles a également été trouvée chez l'avocatier carencé en phosphore en culture hydroponique (3) ; alors que, au champ, les feuilles de bananiers (4) ou d'ananas (5) très déficientes en phosphore s'appauvrissent en potassium et aussi progressivement en calcium et en magnésium sur un sol riche en bases échangeables.

Carence en potassium.

Les effets de la carence en potassium sont peu marqués sur la croissance linéaire des organes (1), cependant la masse végétale est réduite de moitié à la destruction de l'essai. Les symptômes foliaires sont apparus tardivement - quatre mois après le début de l'expérimentation. L'évolution de la composition de la feuille dans le cours du cycle les a précé-

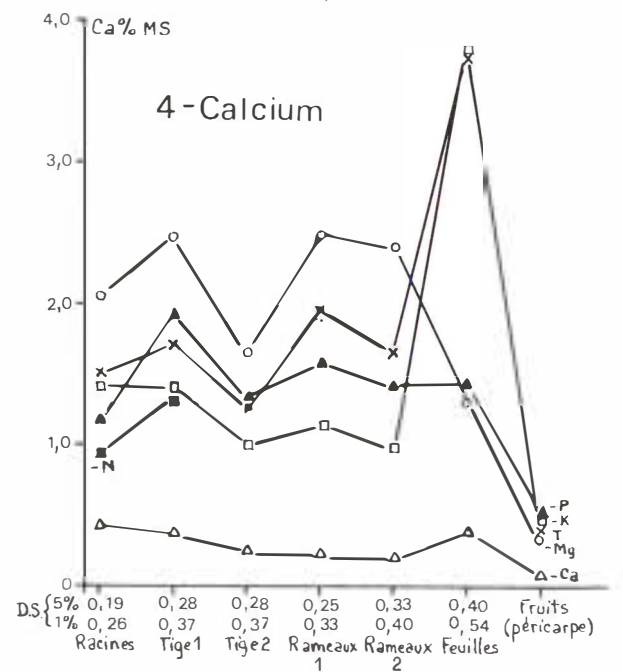
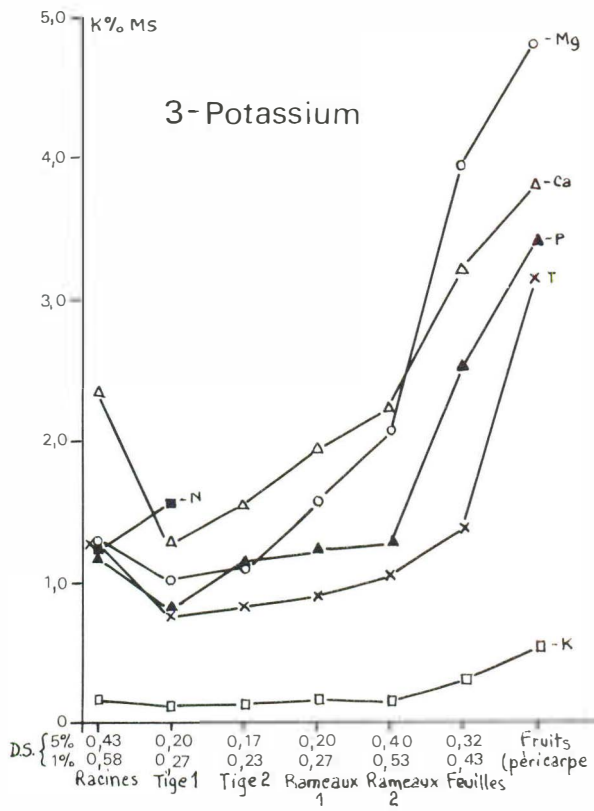
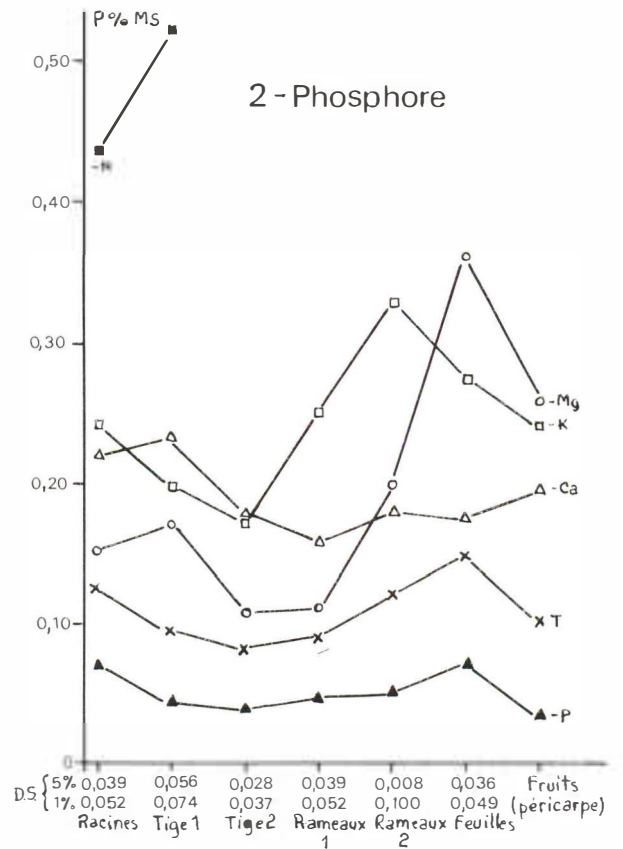
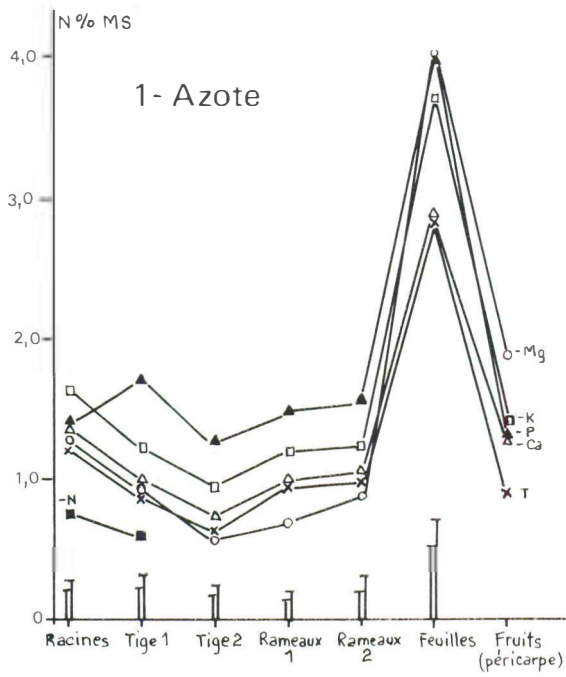
dés (tableau 3) ; à partir du troisième mois les effets sont intenses et surtout dans les feuilles à l'aisselle d'un bouton floral. La carence en potassium est compensée par une augmentation des teneurs en calcium et magnésium : cette compensation est partielle au troisième mois ; mais à partir du cinquième mois une réaction antagonique se surajoute ; l'augmentation de la proportion de l'un et/ou l'autre de ces deux éléments dans la somme des cations est supérieure à leur augmentation de concentration dans la solution où elle est de 50 p. 100.

Inversement, en Côte d'Ivoire, des apports de potassium (6) avaient provoqué, dans les deux types de feuille, une diminution antagonique du magnésium seulement.

Les teneurs en potassium de la feuille adulte des plants témoins évoluent peu dans le cours du cycle (tableau 3), à partir du troisième mois. Par contre, avec la carence, il y a appauvrissement progressif, par dilution de la quantité de potassium disponible dans une masse végétale de plus en plus importante ; symétriquement les niveaux du calcium et du magnésium s'élèvent.

TABLEAU 3 - Effets des carences totales en K, Ca ou Mg sur la composition foliaire en cations au cours du cycle de la grenadille.

Dates de prélèvement	Traitements	Type de feuille	p. 100 M.S.			Somme des cations meq %	p. 100 de S. des cations		
			K	Ca	Mg		K	Ca	Mg
mai 1976 (2 mois)	T	feuille adulte	3,00	0,77	0,19	131,2	58,6	29,3	12,1
	- K		2,40	0,59	0,18	106,5	57,7	28,2	14,1
	- Ca		3,25	0,55	0,20	127,5	65,3	21,6	13,1
	- Mg		3,00	0,83	0,17	132,6	58,0	31,3	10,7
juin 1976 (3 mois)	T	feuille adulte	2,00	0,75	0,21	106,3	48,3	35,3	16,4
	- K		1,30	1,03	0,24	103,5	32,2	48,5	19,3
	- Ca		3,13	0,37	0,44	135,5	59,3	13,7	27,0
	- Mg		2,30	0,79	0,15	111,0	53,2	35,6	11,2
	T	feuille à l'aisselle d'un bouton floral	2,70	1,63	0,25	171,5	40,3	47,5	12,2
	- K		0,54	2,17	0,41	156,6	8,9	69,3	21,8
	- Ca		4,89	0,39	0,45	182,4	68,7	10,7	20,6
	- Mg		3,13	1,25	0,12	152,8	52,6	40,9	6,5
août 1976 (5 mois)	T	feuille adulte	2,22	0,73	0,24	113,4	50,2	32,2	17,6
	- K		0,75	1,19	0,29	102,9	18,7	57,8	23,5
	- Ca		3,22	0,15	0,75	152,6	54,1	4,9	41,0
	- Mg		2,67	0,93	0,14	126,7	54,1	36,7	9,2
	T	feuille à l'aisselle d'un bouton floral	2,11	1,25	0,31	142,4	38,0	43,9	18,1
	- K		0,55	1,46	0,68	153,7	9,1	47,5	36,9
	- Ca		3,22	0,13	0,52	132,4	62,4	4,9	32,7
	- Mg		3,11	0,99	0,04	132,6	60,2	37,3	2,5
octobre 1976 (7 mois)	T	feuille adulte	2,20	0,97	0,22	123,2	45,8	39,4	14,8
	- K		0,58	1,73	0,57	148,9	10,0	58,1	31,9
	- Ca		4,38	0,11	0,61	168,6	66,6	3,3	30,1
	- Mg		4,13	0,87	0,14	161,1	65,7	27,0	7,3



Figures 1 à 5 -

TENEURS EN N P K
Ca et Mg A LA DES
TRUCTION DE PLANTS
DE GRENADILLES

- x — x Témoin
- — ■ -N
- ▲ — ▲ -P
- — □ -K
- △ — △ -Ca
- — ○ -Mg

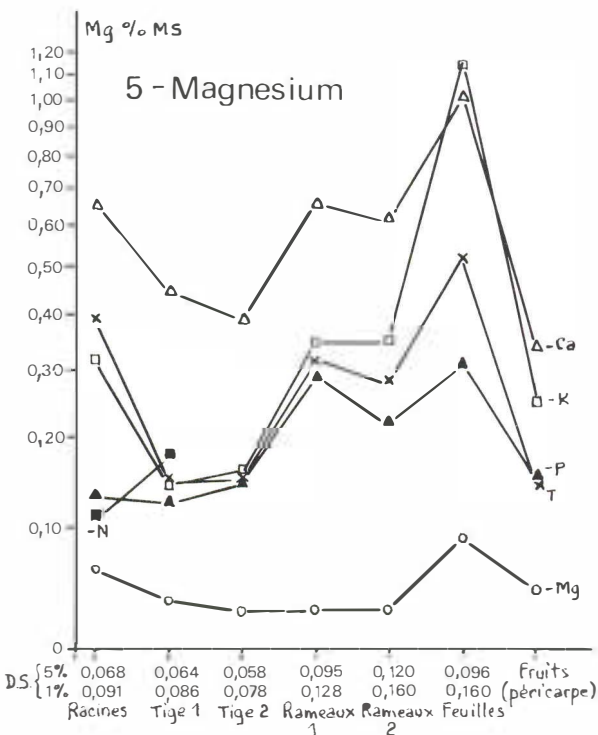
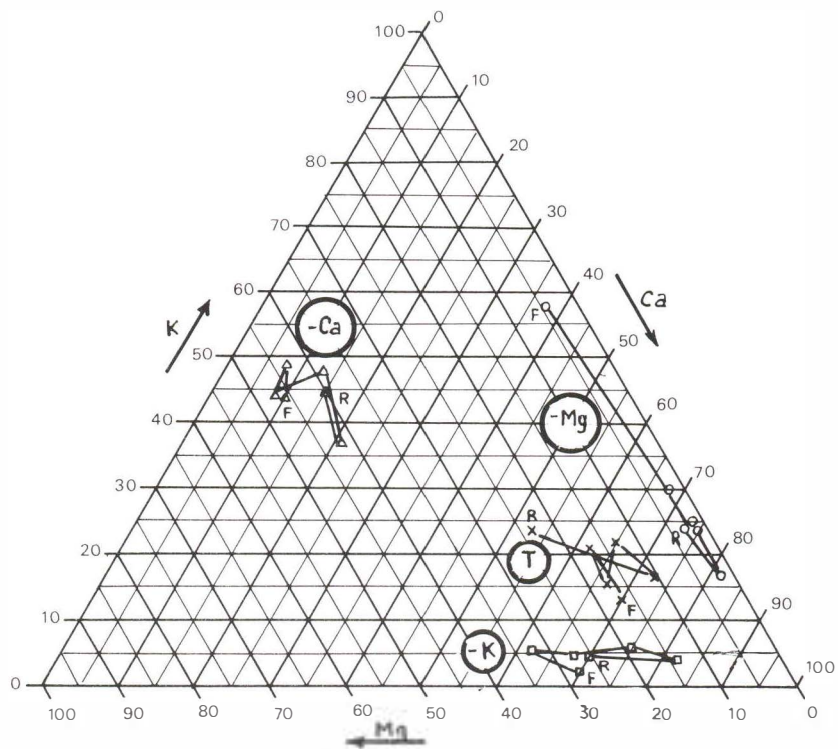


FIGURE 6 -

EQUILIBRES ENTRE K Ca et Mg
DANS LES ORGANES

- x — x Témoin
- — □ -K
- △ — △ -Ca
- — ○ -Mg
- R = racines
- F = feuilles

A la destruction des plants, l'effet de la carence est très intense sur les teneurs et les immobilisations du potassium (figure 3, tableaux 4, 6 et 7).

Cette carence en potassium s'accompagne d'une diminution des niveaux du calcium (figure 4) significative au moins à 5 p. 100, sauf dans les feuilles - cependant dans la somme des cations (tableau 5) la part du calcium s'élève dans les tiges car proportionnellement le potassium diminue davantage.

Le défaut de potassium a donc freiné l'absorption du calcium et il provoque une réaction antagonique et de compensation du magnésium, mais seulement dans les organes les plus chlorophylliens - feuilles principalement et rameaux 2 (figure 5).

La masse des cations immobilisée dans les parties végétatives est plus importante qu'avec la carence en phosphore (tableau 7) en rapport avec des poids d'organes et des teneurs en magnésium plus forts. L'augmentation de la proportion du magnésium dans la masse de cations immobilisée correspond à son augmentation de concentration dans la solution.

Outre ses effets sur les cations, la carence en potassium modifie aussi l'alimentation en azote et en phosphore; dans tous les organes, leurs teneurs s'élèvent très significativement. Cependant, les quantités immobilisées sont plus faibles que chez le témoin, en rapport avec des masses d'organes plus réduites. La carence en potassium limite donc leur absorption mais elle limite encore davantage leur utilisation.

Carence en calcium.

C'est la carence qui a le moins d'influence sur la masse végétale. Les symptômes apparaissent au troisième mois après le début de l'essai (1).

Au cours de la croissance, les effets sur la composition foliaire s'accroissent (tableau 3). A deux mois, la carence est encore peu accusée dans la feuille, la somme des cations n'est pas modifiée, seule la part du potassium s'accroît - moins que dans la solution nutritive - au détriment du calcium. A partir du troisième mois, la somme des cations s'accroît - sauf à cinq mois dans la feuille à l'aisselle d'un bouton floral - les teneurs du potassium et surtout du magnésium s'élèvent fortement. La proportion du potassium a moins augmenté que dans la solution (plus 80 p. 100 de K et de Mg) : il n'y a qu'une compensation partielle. Pour le magnésium, il y a une compensation à laquelle s'ajoute une réaction antagonique tardive à cinq et sept mois, dans la feuille adulte. Proportionnellement, l'effet de la carence sur les teneurs en calcium est le plus intense dans la feuille à l'aisselle d'un bouton floral, bien que les feuilles les plus jeunes présentent les symptômes les plus marqués.

Dans les feuilles adultes, les premiers mois, le niveau de l'azote décroît (tableau 8), comme cela avait déjà été signalé chez l'avocatier (3). La plus grande partie de l'azote est fournie à la plante dans la solution sous forme de nitrates, or la carence calcique réduirait leur assimilation (2). Mais à partir du cinquième mois, l'inverse est observé. Les feuilles à l'aisselle d'un bouton floral sont toujours plus pauvres en azote avec la carence.

A la destruction des plants, il se confirme que la carence en calcium n'a d'effet sur le niveau de la nutrition azotée que chez les jeunes plantes; car tous les organes ont des teneurs en azote identiques à celles des organes issus de plants témoins (figure 1, tableau 4). Il y aurait donc équilibre entre les besoins en azote de la plante carencée et l'absorption, contrairement au cas de la carence en potassium. Aussi les immobilisations en azote sont-elles moins affectées que par les autres carences, grâce à la fois à ces teneurs semblables et à des poids d'organes peu diminués.

Comme dans le cas de la carence en potassium, il y a accumulation de phosphore, moins importante cependant dans les rameaux et les feuilles (figure 2); aussi la quantité de phosphore immobilisée est-elle supérieure à celle trouvée chez le témoin (tableau 7).

En plus de la diminution des teneurs et des masses du calcium, cette carence a une influence très significativement positive sur les teneurs en potassium et en magnésium de tous les organes (figures 3 et 5). Leurs parts dans la somme des cations sont plus que doublées; les masses immobilisées sont supérieures à celles trouvées chez le témoin (tableau 7) dans des proportions dépassant l'effet de la compensation de la solution (plus 80 p. 100 de K et de Mg). Les effets antagoniques et de compensation ont joué avec la même intensité sur chacun de ces deux cations. Sur les masses totales absorbées, cependant, le défaut de calcium n'est pas rééquilibré totalement et la somme des cations immobilisée dans la plante entière représente la moitié de celle déterminée chez le témoin; les carences en magnésium et en potassium ont une influence encore plus intense (tableau 7).

Carence en magnésium.

Elle a peu modifié l'allongement des tiges et des rameaux (1) mais elle a fortement réduit la masse foliaire fraîche (tableau 1) et encore plus la masse foliaire sèche; le rôle du magnésium dans la constitution de la chlorophylle ne suffit pas à expliquer cet effet, car seule une faible part du magnésium y est impliquée; mais le magnésium a des rôles dans le domaine enzymatique et c'est peut-être par cette voie que son influence a été importante sur la masse foliaire.

Les symptômes ont été observés, classiquement, d'abord sur les vieilles feuilles, indication de la mobilité de cet élément vers les organes les plus jeunes - aussi n'est-il pas sur-

TABLEAU 7 - Masses d'éléments immobilisées dans les organes végétatifs d'un plant entier de grenadille (en grammes/plant).

	N	P	K	Ca	Mg	total meq	Somme des cations p. 100 de la somme		
							K	Ca	Mg
Témoin	13,707	1,019	9,690	19,790	3,076	1.494	16,5	66,3	17,2
- N	0,063	0,046	0,137	0,111	0,044	10	36,8	58,9	4,3
- P	5,255	0,116	3,418	2,891	0,456	273	32,1	53,8	14,1
- K	5,991	0,801	0,648	6,022	1,398	453	3,7	70,6	25,7
- Ca	9,620	1,121	13,492	1,876	4,189	790	43,8	11,9	44,3
- Mg	3,297	0,474	4,559	6,161	0,121	429	27,3	70,4	2,3

TABLEAU 8 - Teneurs en azote des feuilles prélevées au cours du cycle (en p. 100 de M.S.).

		2 mois	3 mois	5 mois	7 mois
Feuille adulte	Témoin	6,22	4,42	4,96	4,32
	- Ca	5,86	3,78	5,06	4,77
Feuille à l'aisselle d'un bouton floral	Témoin		4,26	3,33	
	- Ca		3,66	2,92	

TABLEAU 9 - Analyse du péricarpe des fruits de grenadilles à 6 mois et à la destruction des plants (8 mois) en p. 100 de M.S.

	N		P		K		Ca		Mg	
	6 mois	8 mois	6 mois	8 mois	6 mois	8 mois	6 mois	8 mois	6 mois	8 mois
Témoin	1,29	1,01	0,084	0,103	3,31	3,16	0,334	0,451	0,075	0,153
- P		1,30		0,033		3,39		0,505		0,159
- K	2,59	1,42	0,294	0,240	0,95	0,54	0,212	0,409	0,169	0,252
- Ca	1,47	1,30	0,163	0,195	4,22	3,80	0,056	0,071	0,316	0,334
- Mg	2,10	1,89	0,125	0,259	3,57	4,79	0,334	0,344	0,043	0,043

prenant sur la teneur en magnésium des feuilles à l'aisselle d'un bouton floral soit plus perturbée que celle des feuilles adultes plus jeunes (tableau 3). Les effets sur les niveaux en potassium et en calcium de ces feuilles sont longs à paraître. Dans la feuille adulte ils ne sont nets qu'au septième mois ; la somme des cations est alors fortement augmentée, essentiellement par la réaction antagonique du potassium. Dans la feuille à l'aisselle d'un bouton floral, la somme des cations diminue car, non seulement les teneurs du magnésium décroissent, mais également celles du calcium, et la réaction antagonique du potassium n'est pas suffisante pour compenser ce déficit. Dans ce type de feuille l'azote, à un moindre degré, et le phosphore, tendent à s'accumuler.

A la destruction des plants, les modifications de teneurs sont beaucoup plus accentuées dans les feuilles que dans les autres organes, et parfois en contradiction avec les effets dans ceux-ci. Ainsi la somme des cations ne diminue que dans les feuilles car, comme dans les feuilles à l'aisselle d'un

bouton floral, le niveau du calcium baisse également et la forte augmentation compensatrice et antagonique du potassium n'est pas suffisante. A l'inverse, dans les autres organes, la somme des cations s'accroît car les niveaux du calcium déterminés dans le cas de cette carence sont les plus élevés de ceux étudiés (figure 4). Le potassium augmente mais dans des proportions moindres et ses réactions antagoniques sont plus intenses dans les rameaux et les feuilles que dans les tiges.

La carence en magnésium paraît bloquer le transit du calcium des organes conducteurs vers les feuilles. Dans ces dernières la masse de calcium contenue est plus faible que dans celle des plants carencés en calcium, en rapport avec leur poids plus réduit. A l'inverse, dans les autres parties de la plante, le contenu en calcium est le plus élevé parmi les plants carencés (tableau 6). De ce fait, à l'exception des feuilles, la carence en magnésium est la seule des cinq carences étudiées qui entraîne une augmentation de la

somme des cations par rapport au témoin (tableau 5). Au total les masses du calcium immobilisées et la somme des cations sont les mêmes dans le cas des carences en potassium et en magnésium (tableau 7). Aussi la proportion du calcium est-elle identique, supérieure à celle déterminée chez le témoin. La proportion du magnésium dans les plants carencés en potassium et celle du potassium dans les plants carencés en magnésium sont égales - ceci peut indiquer une certaine interchangeabilité de ces deux éléments, du point de vue quantitatif car leurs rôles physiologiques sont très différents. Cette «symétrie» apparaît assez nettement dans la figure 6, les feuilles mises à part.

Comme dans la feuille à l'aisselle d'un bouton floral, les teneurs en azote des feuilles s'accroissent, les teneurs des autres organes ne sont pas affectées mais la masse immobilisée est réduite.

Chaque organe s'enrichit en phosphore mais il n'y a d'effet statistiquement significatif que dans les feuilles. Le magnésium serait un des facteurs nécessaires à l'utilisation du phosphore, notamment pour la formation de l'ATP, d'où une possible accumulation de phosphore non actif physiologiquement. L'activité de l'ATP se trouverait ainsi réduite et par contre-coup ce défaut s'ajouterait aux autres effets de la carence en magnésium sur la croissance des feuilles particulièrement.

Analyse du péricarpe des fruits.

Deux échantillonnages ont été réalisés : six mois après le début de l'essai et à la destruction des plants deux mois plus tard. Les effets de chacune des carences sur l'élément carencé sont aussi intenses que dans les autres organes (tableau 9). Entre les deux dates les teneurs ont évolué : le péricarpe s'est appauvri en azote mais enrichi en autres éléments.

A six mois les teneurs en azote et en phosphore sont d'autant plus élevées que le poids moyen du fruit est faible.

Aux deux dates, pour ces deux éléments, le témoin est toujours le plus pauvre. Les carences freinent donc peu le mouvement de ces deux éléments vers les fruits, où ils sont dilués dans une masse végétale plus ou moins importante.

La carence en potassium entraîne une diminution du calcium et de la somme des cations, malgré une réaction antagonique intense du magnésium, comme dans les organes végétatifs à l'exception des feuilles.

La carence en calcium entraîne une réaction antagonique du magnésium et du potassium, alors que la carence en magnésium induit une élévation en potassium seul avec, comme dans la feuille, une forte augmentation du phosphore. C'est la carence en phosphore qui provoque le moins de perturbation dans la composition du péricarpe, mais la

CONCLUSION

Les analyses minérales de cet essai sont le complément de l'observation et de la description des symptômes des carences totales. Elles ont permis de mettre en évidence l'influence de celles-ci sur les équilibres entre les éléments minéraux dans les différents organes de la plante.

La carence en un cation, et principalement en potassium, n'entraîne pas nécessairement une réaction antagonique des deux autres. Les effets de la compensation d'équilibre cationique dans les solutions ne sont même pas toujours atteints dans la plante. C'est la carence en calcium qui provoque les réactions antagoniques les plus intenses comme la figure 6 le montre bien.

Comme dans toute plante, l'azote est l'élément-clé chez la grenadille, sa carence totale bloque la croissance. Chez le plant témoin la masse d'azote immobilisée est supérieure à celle du potassium, alors que quantitativement la solution préparée est plus riche en K qu'en N. Le défaut de phosphore perturbe également très intensément la croissance en rapport avec ses rôles essentiels dans le métabolisme, bien que quantitativement ce soit l'élément le moins important chez le plant témoin, parmi les cinq étudiés.

La grenadille paraît avoir des besoins relativement importants en magnésium, comme cela avait déjà été observé en Côte d'Ivoire ; ses organes végétatifs sont sensibles à son défaut.

Le calcium est l'élément minéral le plus important en quantité dans la plante normale ; cependant sa carence totale a provoqué le moins de perturbation sur la synthèse végétale tout en réduisant l'allongement des organes. Le calcium a un rôle important sur l'élasticité des membranes cellulaires, or cette plante ayant des caractères de liane, il est donc vraisemblable que le calcium ait une importance prépondérante sur l'allongement de cette liane. La grenadille pourrait être capable d'absorber le calcium mis à sa disposition sans dommage mais ses besoins de base sont peut-être plus faibles que ne semble l'indiquer cette étude réalisée à partir d'une solution nutritive passe-partout. Les essais de carence partielle, en cours, devraient permettre de juger.

Il faut remarquer toutefois que sur le sol d'Azaguié, en Côte d'Ivoire (6), assez riche en calcium, les analyses de feuilles en cours de cycle pauvre donnaient des teneurs en calcium et aussi en autres éléments, voisines de celles déterminées chez le témoin dans le présent essai. Ce résultat tend à prouver que la solution préparée, sans être spécialement adaptée à la grenadille, lui conviendrait. Des améliorations, par exemple dans les équilibres entre l'azote et le potassium et dans la concentration en calcium, pourraient cependant lui être apportées.

En cours de végétation, les carences en cations ont une influence plus marquée sur la composition de la feuille située à l'aisselle d'un bouton floral que sur celle de la

feuille adulte. Le prélèvement du premier type d'échantillon est en outre certainement plus précis ; il paraît donc mieux déterminer les carences.

BIBLIOGRAPHIE

1. BLONDEAU (J.P.) et BERTIN (Y).
Carences minérales chez la grenadille (*Passiflora edulis* SIMS var. *flavicarpa*).
I.- Carences totales en N, P, K, Ca, Mg : croissance et symptômes.
Fruits, vol. 33, n° 6, 1978, p. 433-443.
2. BURSTRÖM (H.).
Studies on growth and metabolism of roots.
X.- Investigations of the calcium effect.
Physiol. Plantarum, vol. 7, n° 2, p. 332-342, 1959.
3. LACOEUILHE (J.J.), MARTIN-PRÉVEL (P.), et CHARPENTIER (J.M.).
Étude des carences minérales chez l'avocatier.
- II.- Analyses foliaires.
Fruits, 1968, vol. 23, n° 1, p. 31-43.
4. LACOEUILHE (J.J.) et GODEFROY (J.).
Un cas de carence en phosphore en bananeraie.
Fruits, 1971, vol. 26, n° 10, p. 659-662.
5. MARCHAL (J.).
Le phosphore chez l'ananas.
Fruits, 1971, vol. 26, n° 3, p. 189-206.
6. MARCHAL (J.) et BOURDEAUT (J.).
Échantillonnages foliaires de la grenadille (*Passiflora edulis* SIMS var. *flavicarpa*).
Fruits, 1972, vol. 27, n° 5, p. 307-311.



Le raisin de table et le froid

Cet ouvrage est le 39^e tome de la collection « Science et Technique du Froid », titre sous lequel l'Institut international du Froid (I.I.F.) publie les comptes rendus des réunions de ses Commissions scientifiques et techniques. Ce livre contient les 28 rapports présentés à Paris, en octobre 1977, au cours de la réunion conjointe de deux Commissions de l'Office international de la Vigne et du Vin (O.I.V.) et d'une Commission de l'Institut international du Froid, 21 communications sont écrites en français, 7 en anglais ; chacune d'elles est accompagnée d'un résumé informatif dans l'autre langue et des discussions qu'elle a entraînées.

Deux sujets principaux sont traités : le premier, qui relève surtout de la compétence de l'O.I.V., analyse les caractéristiques du produit (6 rapports) et les interventions avant récolte (6 rapports) ; le second, qui intéresse plus l'I.I.F., étudie d'une part les techniques d'emballage et de prérefrigération (3 rapports), puis l'entreposage et le transport (13 rapports).

Ce document, le premier à étudier la conservation du raisin par le froid, est un excellent guide pour les chercheurs et les utilisateurs qui se consacrent à la préservation du raisin, l'une des denrées les plus délicates à maintenir en bon état depuis la récolte jusqu'à la consommation.

Ed. : INSTITUT INTERNATIONAL DU FROID
177, Bld Malesherbes - 75017 PARIS.
248 pages (16 x 34) - Broché : 40 F.