

LA PRÉDICTION DE L'APPARITION DU BITTER-PIT DES POMMES, DESTINÉES A L'ENTREPOSAGE

par

J. VAN DER BOON

Institut pour l'Étude de la Fertilité du Sol, Haren (Gr.)
PAYS-BAS

Introduction

Pour l'arboriculteur il est important de savoir au moment de la récolte, et de préférence même assez longtemps en avance, si les pommes seront atteintes par le bitter-pit durant l'entreposage, et si oui, à quel degré. S'il était possible d'en prédire l'apparition avec une certitude suffisante, le producteur saurait prendre ses dispositions: entreposer ou non, pour longtemps ou non. Comme vous le savez, certains facteurs influencent l'apparition du bitter-pit (7), à savoir:

a) *facteurs nutritifs*. Le bitter-pit est lié à une teneur basse en calcium dans le fruit. Des teneurs élevées en potassium et magnésium favorisent son apparition. Une pulvérisation au sel de calcium comme le nitrate de chaux peut le réprimer (6).

b) *la fructuosité*, c'est-à-dire le rapport entre la quantité de fruits et le feuillage. Les arbres très productifs par rapport à leur taille ont des fruits moins sensibles au bitter-pit. Ainsi, nous avons trouvé un coefficient de corrélation de $-0,68$ entre la fructuosité et le pourcentage de fruits atteints par les taches amères.

c) *dimension des fruits*. Les grands fruits souffrent plus de bitter-pit. Même après pulvérisation au nitrate de chaux, les grandes pommes restent plus sensibles à cette maladie (2).

d) *époque de la cueillette*. Les pommes cueillies assez tardivement, sont en général moins sensibles au bitter-pit. Pourtant cette influence ne se présente pas toujours dans tous les vergers, ni toutes les années.

e) *conditions météorologiques*. D'une année à l'autre on voit des différences dans l'atteinte par les taches amères. Une des causes en sera le bilan hydrique interne de l'arbre pendant la période de croissance.

Dans une recherche de deux ans, des données furent recueillies sur la composition minérale de la feuille et du fruit, la condition, la croissance, la fructuosité et le rendement des arbres fruitiers d'un certain nombre de vergers. Un rapport fut établi entre ces données et le bitter-pit qui se manifestait durant l'entreposage. Les relations ainsi trouvées nous donnent une idée sur la possibilité d'en prédire l'apparition avec sûreté.

Plan d'essai

Dans 28 bergers, situés dans le pays sur des sols différents comme le sable, l'argile d'alluvion fluviale et d'alluvion marine, des données furent recueillies de la variété Cox's Orange Pippin. Pendant la période de croissance des observations ont été faites sur le développement des arbres, entre autres sur la condition, la croissance, la récolte et la régularité des récoltes de 20 arbres d'essais. Dès la fin juin jusqu'au moment de la cueillette, des échantillons foliaires furent prélevés toutes les trois semaines ; notamment la 3^e et la 4^e feuille de la base de la pousse. En outre, au moment de la cueillette trente fruits de taille moyenne furent prélevés. Dans les feuilles et les fruits sans trognon les teneurs totales en N, P, K, Mg et Ca furent déterminées. Pour examiner la sensibilité des lots au bitter-pit, les fruits furent gardés à 4 °C dans un entrepôt frigorifique aussi longtemps que l'atteinte en fût arrivée au maximum. Au moyen de calculs aux équations de régression multiples et des opérations numériques-graphiques (9), le rapport fut établi entre l'atteinte par les taches amères et la composition minérale de la feuille et du fruit et les données sur l'arbre.

Résultats

Pour pouvoir pronostiquer l'apparition du bitter-pit, on doit connaître tous les facteurs qui puissent avoir une influence, seul, ou en cas d'interaction, ensemble. Une complication se présente par les facteurs non indépendants entre eux. Ainsi une teneur élevée en potassium dans la feuille va souvent de paire avec une basse teneur en calcium. Cela gêne la détermination de l'influence de ces deux facteurs sur les taches amères, séparément ou dans leur interaction.

Pour déterminer les relations mutuelles, les coefficients de corrélation furent calculés pour les données des deux années d'essais (tabl. Ia). Nous en discuterons les plus importants.

Le rendement estimé n'est pas en corrélation positive, comme on s'y attendait, mais présente même une faible relation négative avec la teneur en potassium de la feuille. La nutrition en potassium se trouve à l'optimum ou l'a même déjà dépassé. Ce sont notamment ces vergers dont on peut s'attendre aux taches amères: ceux donc avec un excès en potassium et un manque de calcium.

La relation entre le rendement et la teneur en calcium du fruit est pourtant positive.

Une teneur élevée en potassium dans la feuille va de paire avec une teneur basse en magnésium et calcium et avec une haute teneur en potassium dans le fruit. La teneur en magnésium dans le fruit est positivement liée à la teneur en potassium dans la feuille et le fruit. Le magnésium est expulsé de la feuille par le potassium et entraîné dans le fruit (1). L'influence du potassium est tellement dominante qu'il n'y a pas de relation ou même une relation négative entre les teneurs en magnésium de la feuille et du fruit.

Comme il fut attendu, les arbres bons producteurs ont moins de pommes

TABLEAU Ia

Coefficients de corrélation entre la composition minérale de la feuille et du fruit, le rendement et le pourcentage de bitter-pit pour les deux années d'essai. Corrélation avec les rapports de $(K + Mg)/Ca$

		Ca feuille	Mg feuille	K fruit	Ca fruit	Mg fruit	Rende- ment	Bitter-pit, %
coefficients de corrélation · 100								
K feuille	1969	-38*	-69***	55**	-11	40*	-02	48**
	1970	-46*	-51**	73***	-28	24	-13	55**
Ca feuille	1969		61***	-15	43*	-17	27	-46*
	1970		57**	-17	46*	26	06	-43*
Mg feuille	1969			-40*	23	-20	04	-41*
	1970			-47**	11	04	16	-13
K fruit	1969				53**	65***	05	12
	1970				02	52**	-19	27
Ca fruit	1969					27	20	41*
	1970					44*	44*	66***
Mg fruit	1969						07	41*
	1970						34	-07
Rendement	1969							29
	1970							36

Seuils de probabilité: * $P = 0,05$; ** $P = 0,01$ et *** $P = 0,001$

atteintes par le bitter-pit. Les lots de pommes fortement atteints par le bitter-pit provenaient des vergers avec des basses teneurs en calcium dans la feuille et le fruit et des hautes teneurs en potassium dans la feuille. La corrélation du bitter-pit avec la teneur en potassium du fruit était moins distincte. Les corrélations de bitter-pit avec les rapports $(K + Mg)/Ca$ (aeq.) de la feuille et du fruit sont étroites (tabl. Ib).

Pour calculer les coefficients de corrélation dans le tabl. I, nous avons utilisé les données analytiques des échantillons de feuilles prélevés à l'époque de la récolte. Il est important de savoir si les échantillons foliaires prélevés

TABLEAU Ib

Coefficients de corrélation entre la composition minérale de la feuille et du fruit, le rendement et le pourcentage de bitter-pit pour les deux années d'essai. Corrélation avec les rapports $(K + Mg)/Ca$

		$(K + Mg)/Ca$ fruit	Rendement	Bitter-pit, %
coefficients de corrélation · 100				
$(K + Mg)/Ca$ feuille	1969	68***	-31	57**
	1970	61***	-03	63***
$(K + Mg)/Ca$ fruit	1969		-20	60***
	1970		-51**	75***
Rendement	1969			29
	1970			36

à un stade antérieur montrent également des relations satisfaisantes (tabl. II). Il s'avère que la relation entre le bitter-pit et la composition minérale de la feuille s'améliore distinctement à mesure que l'échantillonnage s'est effectuée plus tardivement. L'échantillonnage à la fin du mois d'août ne diffère que peu de celui au moment de la cueillette. Par contre, il n'en est pas de même pour l'échantillonnage effectué plus précocement encore, le 4 et 5 août, à une époque plus opportune en vue des mesures d'entreposage que l'on doit prendre.

Au moyen des équations de régression, la relation fut étudiée entre le pourcentage de bitter-pit d'un côté et la composition minérale de la feuille ou du fruit et les évaluations des caractéristiques végétales de l'autre côté. Pour la calculation des données de 1960 nous avons pris le rendement de l'arbre et le nombre de pulvérisations au nitrate de chaux ; pour celle de 1970 les chiffres d'évaluation pour la fructuosité (c'est-à-dire le rapport entre la quantité de fruits et la masse de feuilles) et pour la régularité entre les rendements des arbres d'essais (tabl. III). Bien que les vergers fussent les mêmes en 1969 et 1970 (sauf quelques-uns, qui ne produisaient plus en 1970 et qui furent remplacés par des vergers dans la même région), les pourcentage moyens de bitter-pit dans les deux années divergeaient largement, resp. de 3,4 et 14,5 %. D'une année à l'autre, il y avait des changements dans les teneurs moyennes du fruit, cependant pas dans celles de la feuille. La relation entre le bitter-pit et le rapport $(K + Mg)/Ca$ était plus étroite que celle entre le bitter-pit et la teneur en calcium de la feuille et du fruit au moment de la cueillette. En ajoutant les variables pour les caractéristiques végétales aux équations de régression, nous voyons s'accroître les coefficients de corrélation multiple. La prédiction pour l'atteinte par le bitter-pit sur la base de la composition minérale de la feuille ou celle du fruit ne diffère presque plus. Pour les données de 1970 où il y avait une atteinte plus grave de bitter-pit, les coefficients de corrélation multiple sont plus élevés. Par extrapolation des lignes de régression, on peut évaluer à quelles valeurs limites dans la feuille ou dans le fruit ce dernier sera préservé de la maladie. Ainsi, lorsque les autres variables sont au niveau moyen, les valeurs limites pour la teneur en calcium du fruit sont en 1969 de 0,076 et en 1970 de 0,061 %. Ces valeurs limites ne diffèrent guère, ce qui est également le cas pour celles du rapport de $(K + Mg)/Ca$ dans le fruit. Cependant, pour la teneur en calcium de la feuille, on n'a pas trouvé une valeur limite semblable. Les coefficients de régression partiels diffèrent pourtant très largement d'une année à l'autre. Ceux pour le rapport $(K + Mg)/Ca$ du fruit diffèrent le moins. Cela signifie donc que la différence d'endommagement par le bitter-pit par verger d'une année à l'autre ne peut être expliquée par les différences en composition minérale de la feuille ou du fruit, en combinaison avec les estimations pour la fructuosité et la régularité de la fructuosité des arbres. La fig. 1 montre la relation entre l'atteinte par le bitter-pit et le rapport $(K + Mg)/Ca$ du fruit pour 1970. Ensuite la courbe moyenne est corrigée par l'influence des écarts du niveau moyen des autres variables selon la méthode numérique-graphique (9). Quand le rapport entre les cations augmente, le bitter-pit s'accroît d'abord graduellement, puis, dès une teneur de 14 à 16 (comme rapport équivalent) l'accroissement

TABLEAU II

Corrélation entre les compositions foliaires à des dates différentes et le pourcentage de bitter-pit

Dates	K				Ca				(K + Mg)/Ca			
	coefficients de corrélation x 100											
	1969	1970	1969	1970	1969	1970	1969	1970	1969	1970	1969	1970
26/6	30/6	07	20	-36	-14	37	22					
15/7	21/7	06	15	-40	-23	42	29					
5/8	4/8	14	30	-49	-28	49	44					
26/8	25/8	36	44	-40	-53	49	60					
17/9	15/9	48	55	-46	-43	57	63					

TABLEAU III

Coefficients de corrélation simple et multiple entre le bitter-pit et des facteurs comme la teneur en calcium et le rapport (K + Mg)/Ca dans la feuille ou du fruit, combinés ou non avec des caractéristiques végétales. Teneurs moyennes de bitter-pit. Valeurs limites sur lesquelles il n'y a pas de bitter-pit. Coefficients de régression partiels

	Coefficients de corrélation x 100		Coefficients de corrélation multiple x 100		Teneurs moyennes % mat. sèche		Valeurs limites sans bitter-pit		Coefficients de régression partiels	
	1969	1970	1969	1970	1969	1970	1969	1970	1969	1970
	Fruit									
CaO %	-41	-66	48	74	0,061	0,041	0,076	0,061	-221,4	-729,2
(K + Mg)/Ca (oec.)	60	75	69	77	14,35	18,54	12,5	11,4	+ 1,88	+ 2,04
Feuille										
CaO %	-46	-43	53	70	2,21	2,19	2,82	3,87	- 5,55	- 8,75
(K + Mg)/Ca (oec.)	57	63	62	76	0,69	0,69	0,55	0,33	+ 23,38	+ 41,32
Bitter-pit %					3,40	14,54				

devient plus fort. Une relation étroite a été établie également pour la teneur en calcium du fruit (fig. 2). Le bitter-pit diminue quand la teneur en calcium du fruit augmente. Quand la teneur en CaO du fruit dépasse 0,045 % de la matière sèche, le calcium n'exerce presque plus d'influence sur la prévention des taches amères.

En étudiant les données, on se demande s'il n'y aurait pas d'interaction entre les facteurs mêmes. Cela a été étudié pour les facteurs $(K + Mg)/Ca$ dans la feuille et le chiffre d'évaluation de la fructuosité. Ce dernier facteur représente le rendement par rapport à la taille de l'arbre et se montre un meilleur moyen de mesure que le rendement seul pour le rapport fruit / feuille, qui règle plus ou moins l'apparition du bitter-pit. La fig. 3 montre le résultat de cette analyse. La variabilité des taches amères ne « s'expliquait » pas mieux par cette interaction que par l'équation de régression linéaire des deux facteurs: les coefficients de corrélation multiple étaient resp. 0,79 et 0,76. Une des raisons pour laquelle il ne fut pas possible de déterminer l'interaction, est la relation mutuelle existant entre ces deux facteurs, de sorte que des chiffres bas de fructuosité et des valeurs basses de $(K + Mg)/Ca$ n'existent presque pas. Il en est de même pour les chiffres élevés. L'interaction dans la fig. 3 indique que lors d'une bonne fructuosité de l'arbre fruitier, le rapport $(K + Mg)/Ca$ peut encore augmenter assez fortement et même jusqu'à 0,75 sans que les taches amères ne se manifestent gravement.

Une corrélation assez faible existe entre le pourcentage de bitter-pit et le nombre de pulvérisations au nitrate de chaux, effectuées dans les vergers d'essais. Cela vient du fait que les vergers qui souffrent d'habitude beaucoup des taches amères et par conséquent ont de basses teneurs en calcium dans la feuille sont le plus souvent traités (fig. 4). Une interaction fut observée entre la teneur en calcium de la feuille et la quantité de nitrate de chaux pulvérisée. La fig. 4 montre qu'en cas de teneurs élevées en calcium, l'apparition du bitter-pit peut être empêchée par des pulvérisations restreintes (30 kg nitrate de chaux, p. e. à pulvériser 3 ou 4 fois avec 1500 litres 0,6 % solution de nitrate de chaux). En cas de basses teneurs en calcium dans la feuille des pulvérisations fréquentes diminuent considérablement l'atteinte par cette maladie, mais ne la préviennent pas tout à fait, surtout lorsque la fructuosité est basse. Les données des arbres peu productifs sont mentionnées au-dessus de la courbe moyenne de la fig. 4.

L'analyse foliaire au moment de la cueillette est un moyen presque aussi sûr pour prédire l'apparition de la maladie chez les pommes destinées à l'entreposage, que la composition du fruit. Cependant l'analyse foliaire précoce se montre moins apte à cette prédiction. Si nous ajoutons le rendement ou la fructuosité à l'équation de régression, l'analyse minérale de la feuille échantillonnée à la fin du mois d'août donne une aussi bonne information que celle prélevée au moment de la cueillette, et celle prise au début d'août n'en diffère presque pas (tabl. IV). Ce dernier fait est important au point de vue des mesures à prendre bien avant la date d'entreposage.

La variabilité dans l'atteinte par les taches amères ne s'explique pas tout à fait par les variables, prises en considération jusqu'à présent dans l'équation de régression. Il manque probablement des facteurs, comme p. e. la

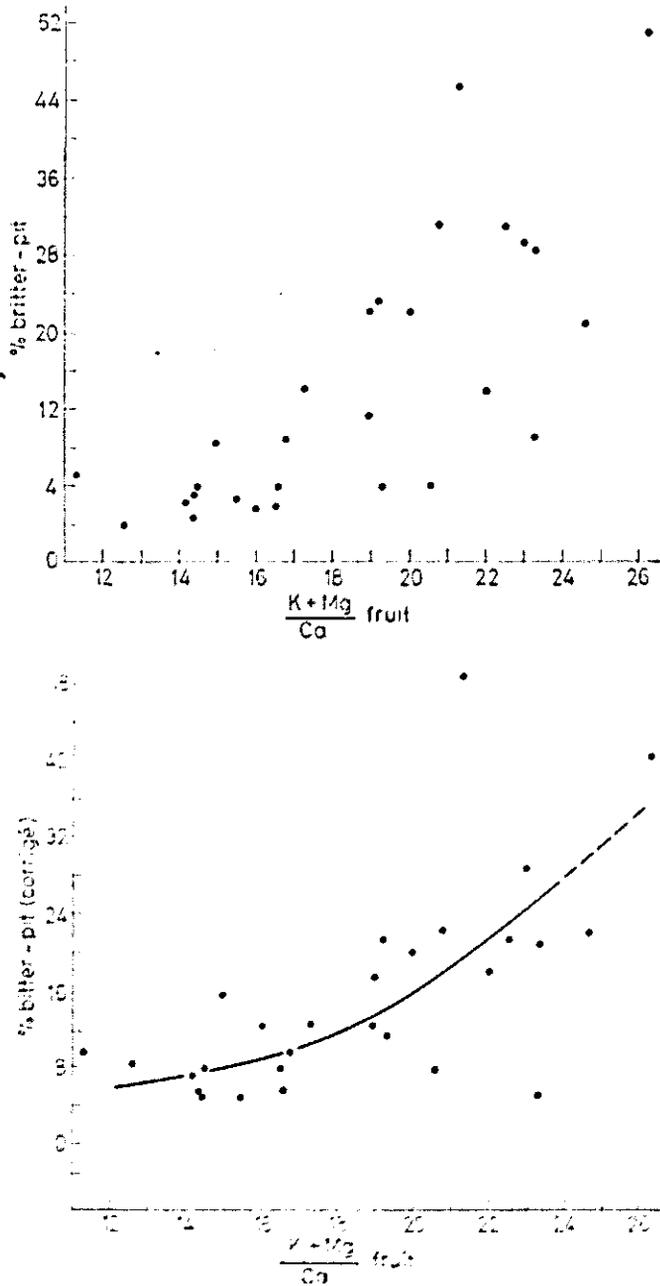


Fig. 1. Relation entre le pourcentage des taches amères et le rapport $(K + Mg)/Ca$ dans le fruit: a) sans correction; b) corrigé pour l'influence de la fructuosité, la régularité, la croissance des pousses et la quantité de nitrate de chaux pulvérisée

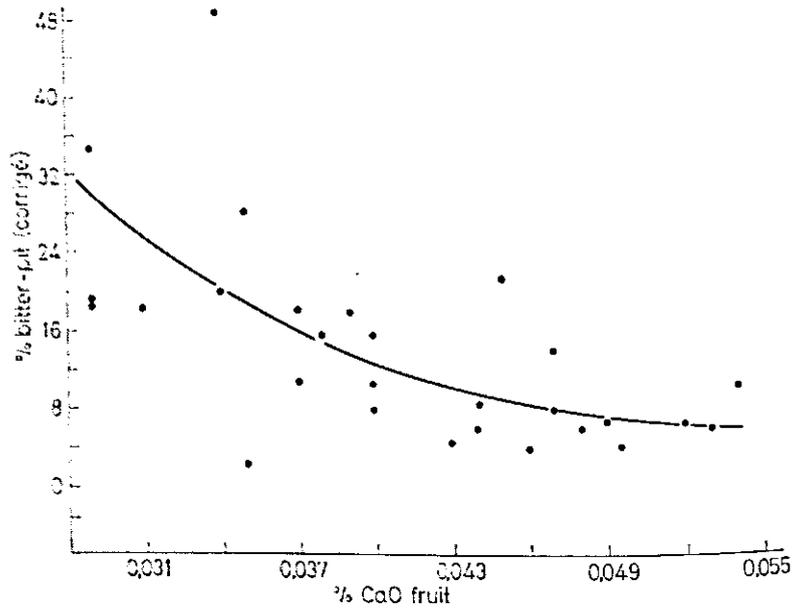
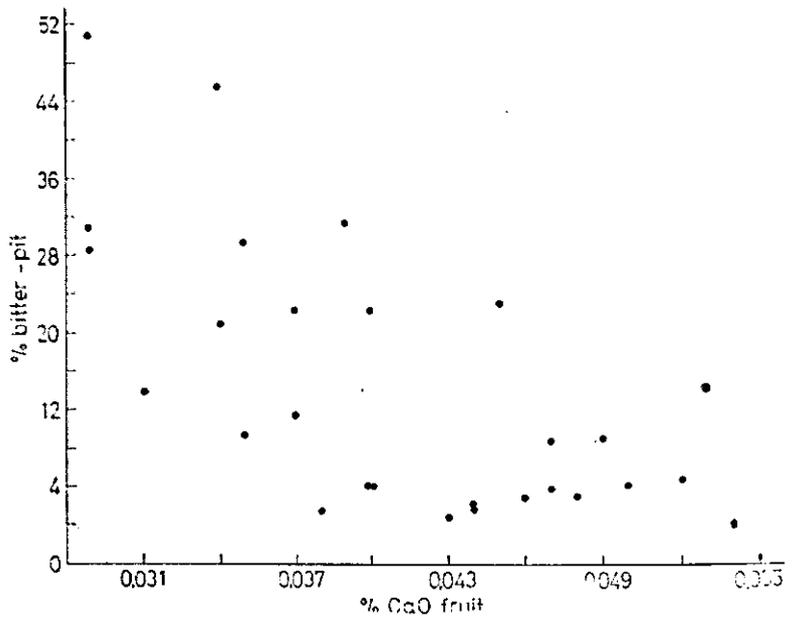


Fig. 2. Relation entre le pourcentage de bitter-pit et la teneur en calcium du fruit: a) sans correction; b) corrigé pour l'influence de la fructuosité, la régularité, la croissance des pousses et la quantité de nitrate de chaux pulvérisée

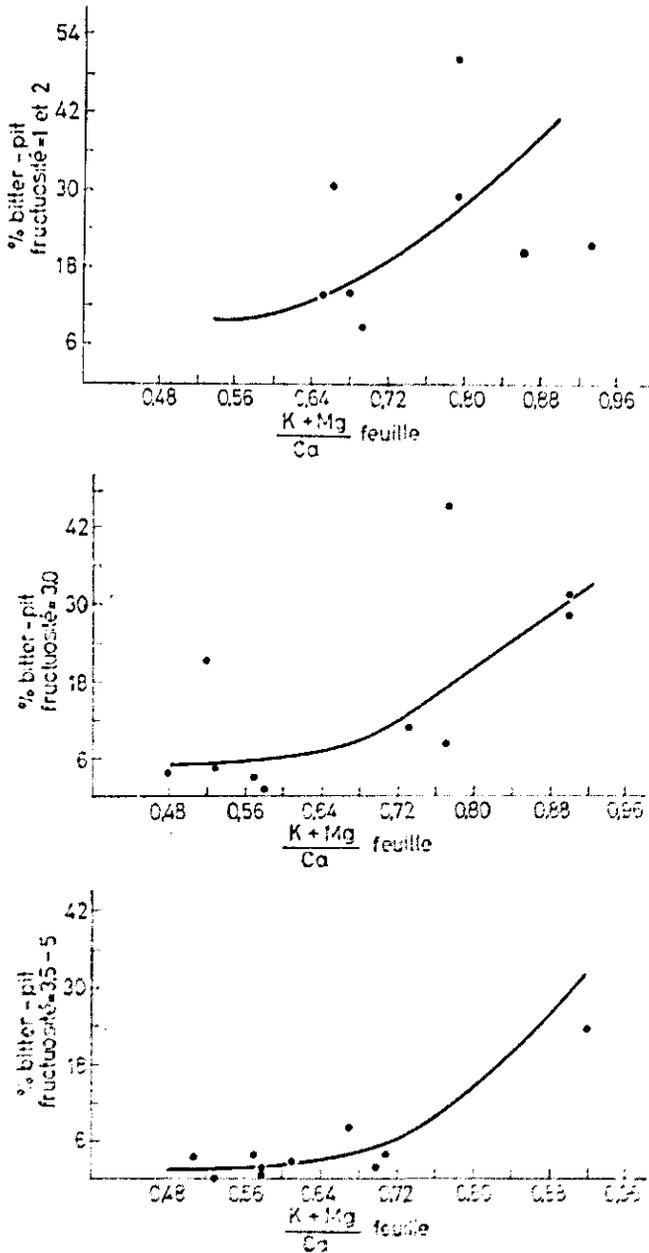


Fig. 3. Interaction de la fructuosité et le rapport (K + Mg)/Ca dans la feuille. Légende: chiffres d'estimation pour la fructuosité: 1 = peu de fruits; 2 = quantité modérée; 3 = quantité normale; 4 = beaucoup de fruits; 5 = trop de fruits

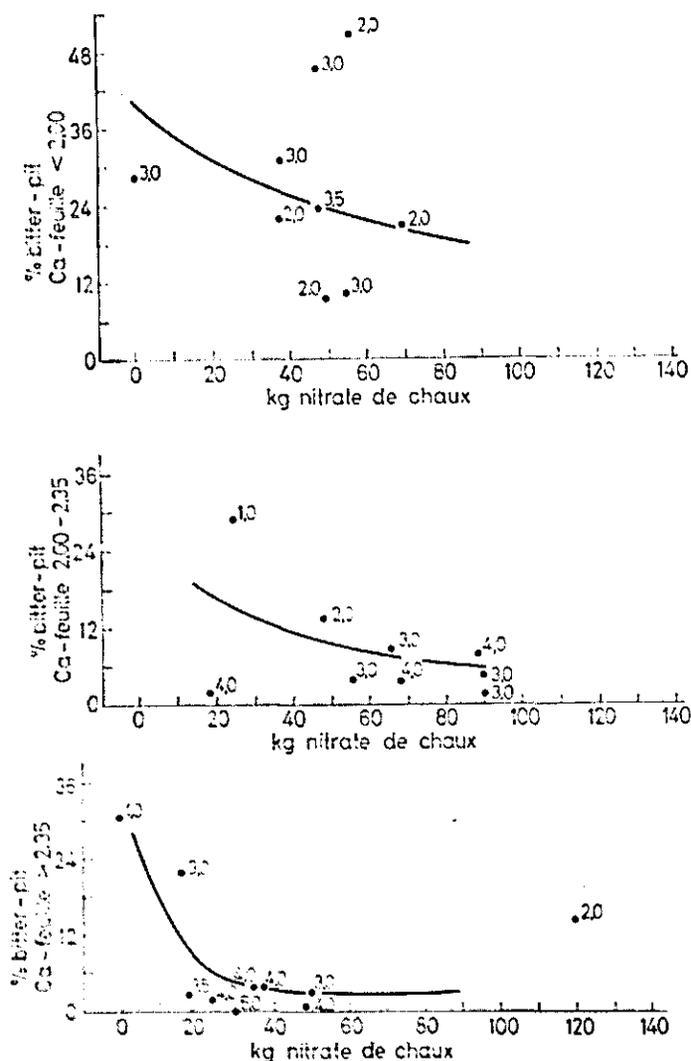


Fig. 4. Interaction de la teneur en calcium de la feuille et la quantité de nitrate de chaux pulvérisée. Légende: auprès des points sont mentionnés les chiffres de fructuosité (voir fig. 3)

date de la cueillette. Cette date ne figure pas dans les données, les vergers d'essais étant classés en groupes d'après leur situation géographique. Pour chaque groupe la cueillette se faisait à la même date. Cependant, cette date de cueillette est importante, comme le montre le résultat d'une recherche simple dans 6—7 vergers (tabl. V). Le taux d'endommagement par le bitter-pit diminuait à mesure que la cueillette se faisait plus tardivement, surtout

TABLEAU IV

Coefficients de corrélation simple et multiple, calculés en équations de régression linéaire pour la relation entre le bitter-pit et la composition minérale de la feuille, respectivement du fruit, avec ou sans chiffres d'estimation pour le rendement, respectivement la fructuosité

Dates		1969 + le niveau du rendement		1970 + le niveau de la fructuosité	
1969	1970	coefficients de corrélation x 100			
Ca	5/8	40	55	28	59
	26/8	40	45	53	69
	17/9	46	53	43	65
(K + Mg)/Ca	5/8	49	58	44	65
	26/8	49	53	60	74
	17/9	57	62	63	73

TABLEAU V

Relation entre la date de la cueillette et le pourcentage de bitter-pit (résultats moyens de 6 vergers en 1970/1971 et de 7 vergers en 1971/1972)

	Bitter-pit, %	
	1970/1971	1971/1972
1 ^{re} cueillette, une semaine avant la date «normale»	20,0	20,4
2 ^e cueillette, à la date «normale»	16,0	11,9
3 ^e cueillette, une semaine après la date «normale»	15,3	5,8

dans l'essai de 1971 — 1972, dont les résultats ne seront d'ailleurs pas traités ici. Pour les deux années d'essais discutées, la période choisie ne s'est pas avérée optimale pour tous les vergers.

Discussion

La variabilité du taux d'atteinte par les taches amères peut être expliquée en 55 % par la composition minérale de la feuille ou du fruit, combinée avec les données végétales comme la fructuosité et la régularité des rendements des diverses arbres Cox's Orange Pippin. Le même résultat que celui, établi au moyen des calculs de régression, peut être obtenu dans le champ par une évaluation végétale des vergers, combinée avec les analyses foliaires au début d'août. Cette classification approximative dans les vergers s'applique probablement bien, parce que certaines combinaisons des influences contradictoires manquent, comme celle des chiffres bas de la fructuosité

et des rapports bas de $(K + Mg)/Ca$. En août 1970, nous avons réparti les 28 vergers en 5 classes avec un taux d'atteinte par le bitter-pit présumé. Après l'entreposage, 19 lots figuraient dans la classe prédite, 7 lots furent moins atteints et 2 plus que celle-là. L'avis donné fut donc juste, et même plutôt prudent, donc sûr, pour l'arboriculteur. Cette méthode utilisée par le service d'information arboricole a ainsi fait ses preuves (12, 11).

A la question de savoir s'il serait possible d'utiliser un échantillon foliaire propice précocement prélevé dans l'été en vue des mesures opportunes à prendre pour l'entreposage, on peut répondre affirmativement, si l'analyse foliaire est utilisée en combinaison avec la fructuosité. L'analyse foliaire seule ne présente à cette époque qu'une faible corrélation avec le taux d'atteinte par le bitter-pit.

Bien que la corrélation entre l'atteinte par la maladie et les variables prises en considération ait été suffisante, il reste désirable de l'améliorer encore. On pourrait effectuer cette amélioration par une description plus précise des facteurs étudiés ; à savoir :

La distribution du calcium dans le fruit p.c. n'est pas homogène. On ferait donc peut-être mieux de prendre la teneur en calcium de la peau (2), ou de prendre seulement une certaine fraction de la teneur totale en calcium (7).

La méthode de Winter (16) offrira peut-être de meilleures perspectives pour l'estimation de la fructuosité.

Bien que les grandes pommes aient montré beaucoup de taches amères après l'entreposage, on n'a pourtant pas trouvé une corrélation significative entre le taux d'atteinte de la totalité du lot et la dimension des fruits, déterminée à la mi-août à un nombre restreint de fruits : vingt fruits par arbre, cinq arbres en tout.

Il est également difficile de résumer en un chiffre le résultat des pulvérisations. Un bon résultat ne peut être obtenu qu'en pulvérisant abondamment (6, 10), et lorsque les fruits sont bien touchés (4). Le résultat est insuffisant, si la teneur en calcium de la feuille n'est pas assez élevée (11). Lorsque la teneur en calcium de la feuille est suffisamment élevée, on peut s'attendre à un plus grand transport en calcium de la feuille au fruit (13, 14).

Les valeurs limites de la composition foliaire et celles du fruit étaient plus ou moins semblables pour les deux années d'essai. Tout comme dans les recherches antérieures, l'apparition du bitter-pit fut moindre, lorsque la teneur en calcium de la feuille au moment de la cueillette fut supérieure à 2,4% CaO ou le rapport $(K + Mg)/Ca$ (aeq.) inférieure à 0,75 (5). Les coefficients de régression partiels, montrant le changement du taux d'atteinte par le bitter-pit en dépendance de la variation de la composition de la feuille ou du fruit, diffèrent bien pour les deux années, quoique la fructuosité soit prise comme variable dans l'équation de régression. Certains facteurs ne semblent pas encore être bien déterminés, en ce qui concerne leur influence. Comme nous l'avons déjà mentionné, c'est le cas pour l'influence de la dimension du fruit et aussi pour la date de la cueillette. Ensuite, il faut penser aux conditions météorologiques pendant la période de croissance. Le bilan hydrique interne de la plante semble être un facteur important. Une teneur basse en calcium augmente la perméabilité de la

cellule (10). Pendant une période de sécheresse, une partie du calcium peut être extraite du fruit (15). Dans ce cas, l'eau sera également extraite des fruits par les feuilles, ce qui peut mener à l'écrasement des cellules du fruit, comme influence directe. Dans un essai avec tomates, l'effet de la disponibilité réduite de l'eau dans le sol sur l'apparition de la pourriture de nez pouvait pourtant être expliqué entièrement par la diminution corollaire de la teneur en calcium du fruit (3). Il reste pourtant que connaître avec plus de certitude l'influence des conditions météorologiques sur la composition des feuilles et des fruits et sur l'atteinte par les taches amères serait souhaitable. Car Clijsters (8) trouva en juillet 1966 une teneur anormalement basse en calcium de la feuille, qui présentait cependant la meilleure corrélation avec le bitter-pit, se manifestant pendant l'entreposage.

BIBLIOGRAPHIE

1. BOON, J. van der, L'influence du sulfate de potasse sur la composition minérale de la feuille et du fruit du pommier. Compte rendu du 1^{er} Colloque européen sur le Contrôle de la Nutrition minérale et de la Fertilisation en Viticulture, Arboriculture et autres Cultures méditerranéennes, Montpellier, 1964, 145—154.
2. BOON, J. van der, Bitter pit in apples and fruit analysis. II Colloquio europeo y mediterráneo control de la fertilización de las plantas cultivadas, Sevilla, 1968, 599—606.
3. BOON, J. van der, Invloed van tijdelijke droogte op de minerale samenstelling van blad en vrucht en op het optreden van fysiogene ziekten bij tomaat in afhankelijkheid van de kalium- en calcium-voeding. Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, Rapport 11, 1971, 91 p.
4. BOON, J. van der, DAS, A., Wat moet geraakt worden bij kalksalpeterbespuitingen bij stip Fruitteelt 59, 993—994 (1969).
5. BOON, J. van der, DAS, A., Stipbestrijdingsproeven in 1965—1967. Tuinbouwmededelingen 32, 128—132, 168—172, 231—238 (1969).
6. BOON, J. van der, DAS, A., SCHREVEN, A. C. van, Control of bitter pit and breakdown by calcium in the apples Cox's Orange Pippin and Jonathan. Agricultural Report 711, 1968, 43.
7. BOON, J. van der, GOOR, B. J. van, WIERSUM, L. K., Discussion meeting on bitter pit in apples. Acta Horticulturae 16, 30 (1970).
8. CLIJSTERS, H., Stip bij Cox's Orange en bladanalyse. Belgische Fruit Revue 19, 77—78. (1967).
9. EZEKIEL, M., FOX, K. A., Methods of correlation and regression analysis. 3rd. ed. Wiley, New York, 1959, 548 p.
10. GOOR, B. J. van, The effect of frequent spraying with calcium nitrate solutions on the mineral composition and the occurrence of bitter pit of the apple Cox's Orange Pippin. Journal Horticultural Science 46, 347—364 (1971).
11. OUD, P., Bladanalyse belangrijk voor bewaring Cox's. Fruitteelt 60, 773—775 (1970).
12. POWWER, A., KEUKEN, W., Gewasonderzoek en het bewaaradvies. Fruitteelt 55, 325—326, 356—358 (1965).
13. WIERSUM, L. K., Calcium content of fruits and storage tissues in relation to the mode of water supply. Acta Botanica Neerlandica 15, 406—418 (1966).
14. WIERSUM, L. K., VONK, C. A., TAMMES, P. M., Movement of ⁴⁵Ca in the phloem of Yucca. Naturwissenschaften 58, 99 (1971).
15. WILKINSON, B. G., Mineral composition of apples. IX. Uptake of calcium by the fruit. Journal of the Science of Food and Agriculture 19, 646—647 (1968).
16. WINTER, F., Studie über methodische Untersuchungen zur Ertragsprognose bei Kernobst. Statistisches Amt der Europäischen Gemeinschaft, Agrarstatistik St/2687/67-D (1966).

Résumé

Il serait désirable de pouvoir prédire avec une sûreté suffisante, déjà pendant la période de croissance, s'il y aura du bitter-pit durant l'entreposage.

Pendant deux années d'essais, des données furent recueillies sur la composition minérale de la feuille et du fruit, la condition, la croissance et le rendement des arbres dans 28 vergers avec Cox's Orange Pippin. En ajoutant la fructuosité (= le rapport entre la quantité de fruits et la masse de feuillage) comme variable dans l'équation de régression multiple, on a pu prédire avec une probabilité satisfaisante l'atteinte par le bitter-pit, sur la base du rapport de $(K + Mg)/Ca$ dans la feuille au début d'août. Les coefficients de corrélation multiple étaient pour les deux années respectivement 0,58 et 0,65. La relation était un peu moins étroite pour l'analyse foliaire effectuée pendant la cueillette. Les valeurs limites de la teneur en calcium et du rapport $(K + Mg)/Ca$ du fruit, qui vont de paire avec un bitter-pit restreint, ne divergeaient presque pas pour les deux années, par contre, les coefficients de régression partiels pour la relation bitter-pit-composition de la feuille ou du fruit différaient beaucoup. Comme cette différence d'atteinte ne pouvait donc être expliquée par les variations dans la composition minérale de la feuille ou du fruit, la fructuosité et la dimension du fruit, d'autres facteurs doivent avoir joué un rôle, comme le bilan hydrique interne de la plante et la date de la cueillette.

Summary

It is desirable that a reliable prediction about the incidence of bitter pit during storage can be made in time in the growing season. During two experimental years data on the mineral composition of leaf and fruit and on the stand, growth and crop of Cox's Orange Pippin trees in 28 orchards have been collected. If the crop per tree or the fruit/leaf ratio was included as variable in the calculation of the multiple regression equation, the incidence of bitter pit could be predicted rather well on the basis of the $(K + Mg)/Ca$ of the leaf at the beginning of August. The multiple correlation coefficients were for both years 0.58 and 0.65, resp. The relationship was only a little less close than that found for leaves sampled at picking time. The marginal values for fruit Ca and $(K + Mg)/Ca$, at which no bitter pit is likely to occur, were rather similar for the two years. However, the changes in bitter pit percentages as related to variations in leaf or fruit composition differed between the years. As the latter difference could neither be explained by variations in leaf or fruit composition, nor by variations in these factors, combined with crop and fruit size, other factors are bound to play a part, e.g. the internal water balance in the plant during the growing season and the time of picking.