

ETUDE ECOLOGIQUE DES CONDITIONS DE MANIFESTATION DE LA CHLOROSE FERRIQUE DANS LE VIGNOBLE DE LA MOYENNE VALLEE DE LA LOIRE (1)

J. DUPONT *, R. MORLAT **, J. SALETTE **

* Laboratoire de Pédologie, Université de Poitiers

** Station d'Agronomie, INRA, Angers

Les formations calcaires sont fréquentes dans les vignobles de la Moyenne Vallée de la Loire (Saumur, Chinon, Bourgueil) et variées (craies, marnes, sables calcaires, calcaires lacustres). Les problèmes de chlorose ferrique ne se posent pas avec la même intensité suivant ces différentes roche-mères pour un cépage et un porte-greffe donnés. De plus, suivant le type de profil pédologique nous trouvons soit des chloroses d'année humide déjà bien connues en France, soit des chloroses d'année sèche spécifiques de certaines conditions écologiques.

POTENTIEL CHLOROSANT DES DIFFERENTS SUBSTRATS (Tableau I)

Les faciès pétrographiques étudiés ont été les suivants :

- . craie limono-argileuse du Turonien inférieur et moyen
- . craie sablo-glaucconieuse du Turonien moyen
- . sables glaucconieux du Turonien supérieur
- . marnes du Turonien supérieur
- . sables à aspect falunier du Turonien supérieur.

Les résultats portant sur plus de 70 profils ont été traités par l'analyse de variance à deux facteurs contrôlés (roche-mère, horizon), dans le cas d'échantillons à effectifs inégaux et par comparaison multiple de moyennes (Test de DUNCAN).

— **pH eau 1/2,5** : il existe une influence significative du facteur horizon, le pH passant de 8,3 en A à 8,7 en C. Le facteur roche-mère différencie seulement les substrats sableux (craie sablo-glaucconieuse, sables glaucconieux et faluniers) à pH plus élevé (8,9) des autres formations.

(1) Communication faite au Symposium International d'Ecologie Viticole, CONSTANTZA, Roumanie, 27-29 septembre 1978.

— **Calcaire actif DROUINEAU-GALET** : il n'y a pas d'influence du facteur roche-mère, ni du facteur horizon : les moyennes sont de 10 p. 100 pour les horizons A et B et 20 p. 100 pour l'horizon C. Ces valeurs sont inférieures ou égales au seuil de résistance de plusieurs porte-greffes qui chlorosent dans cette région (5BB, SO₄, 41B).

TABLEAU I

Caractéristiques chimiques moyennes des différentes roche-mères étudiées

Roche-mère	Pourcentage de Ca CO ₃ total	Pourcentage de Ca CO ₃ actif	pH eau	FFE ppm	IPC
Craie limono-argileuse	76,4	23,5	8,6	35	192
Craie sablo-limono-glaucconieuse	46,5	18,8	8,7	130	11
Sable glaucconieux calcaire	58,0		8,8		
Sable calcaire falunier	37,0		8,8		
		20,2		41	120
Marne consolidée	68,6		8,6		

— **Fer facilement extractible à l'oxalate d'ammonium (FFE) (POUGET et JUSTE, 1972)**. Il différencie nettement les substrats. Il existe une influence significative de la roche-mère et de l'horizon. Les teneurs moyennes en A sont de 38 ppm et de 32 ppm en (B). Les formations glaucconieuses se détachent nettement quel que soit l'horizon, avec les taux les plus élevés (47 ppm en A et (B), 130 ppm en C). Nous avons d'ailleurs pu mettre en évidence deux relations entre la teneur en glaucconie du substrat et celle en FFE (DUPONT, 1978).

$FFE \text{ (ppm)} = 13,71 [G \text{ (p. 1000)}]^{0,422} \quad r = 0,807 \quad (p < 0,01 \quad n = 17)$
pour le Turonien supérieur,

$FFE \text{ (ppm)} = 38,44 [G \text{ (p. 1000)}]^{0,328} \quad r = 0,751 \quad (p < 0,01 \quad n = 22)$
pour le Turonien inférieur et moyen.

Par conséquent l'Indice de Pouvoir Chlorosant (IPC) défini par POUGET et JUSTE (1972) suit largement les variations de FFE.

Cependant nos observations sur le comportement de la vigne vis-à-vis de la chlorose pour un cépage et un porte-greffe donnés selon les années, montrent que les caractéristiques analysées précédemment ne sont pas entièrement explicatives du phénomène.

IMPORTANCE DES CONDITIONS DE MILIEU

1) **Type de profil pédologique.** Suivant le degré d'évolution pédologique des sols nous pouvons distinguer deux grands types de profil vis-à-vis des conditions de chlorose :

— Sols calcaires minces (rendzine, brun calcaire) présentant peu de différenciation morphologique. Les teneurs en calcaire total sont moyennes à fortes en surface (\sim 50 p. 100) et augmentent nettement dans la craie (86 p. 100). Les valeurs en calcaire actif sont de 15 p. 100 en surface et de 28 p. 100 dans la craie. Le taux de FFE est inférieur à 50 ppm et implique des IPC compris entre 150 et 200 suivant les horizons. Il s'agit de sols peu argileux dans lesquels la réserve utile pour l'eau est moyenne à faible.

— Sols calcaires épais à profil différencié (sols bruns calcaires à calciques à horizon Bca). Ils sont dans l'ensemble plus argileux que les précédents. Les teneurs en calcaire total, de l'ordre de 50 p. 100 en surface, augmentent brusquement au niveau de l'horizon Bca d'accumulation de calcaire (86 p. 100), alors que les taux de FFE diminuent pour ce même horizon. Cela entraîne un IPC très élevé (400). Cet horizon beaucoup plus riche en argile (32 p. 100) que le reste du profil possède une réserve utile en eau importante (63 mm). Il s'avère donc que le Bca riche en calcaire fin (50 p. 100), et en eau, est un milieu très propice à la formation d'une grande quantité de HCO_3^- ayant une action directe et indirecte sur le déclenchement de la chlorose ferrique (PORTER et THORNE, 1955 ; MILLER et EVANS, 1956 ; MILLER et THORNE, 1956 ; STOLWIJK et THIMANN, 1957). De plus la production d' HCO_3^- peut être favorisée par une augmentation de la pression de gaz carbonique (PCO_2) résultant d'une intense activité racinaire.

2) Relations avec les profils racinaires

— En sol calcaire mince la répartition des racines de $\phi < 1$ mm et $1 < \phi < 2$ mm montre une bonne colonisation de l'horizon A_{12} .

— Par contre en sol calcaire épais, nous voyons que les mêmes classes de racines et surtout celles de $\phi < 1$ mm sont surtout concentrées dans l'horizon Bca (80 p. 100 $\phi < 1$ mm).

Il est bien certain que cette exploitation préférentielle du Bca est due à la réserve en eau élevée de ce niveau qui par ailleurs est chimiquement très pauvre. Ces radicules très actives semblent avoir un cycle de vie très court car les teneurs en matière organique humifiée sont assez élevées (1 p. 100) pour un horizon de profondeur. Dès les premières périodes

des sèches (fin du printemps) cette intense activité racinaire est sans doute responsable d'une augmentation sensible de la PCO_2 , en concomitance avec la minéralisation de la matière organique, dans un horizon encore très humide et à diffusion difficile. Tous les facteurs sont réunis alors pour induire une forte augmentation de HCO_3^- .

3) Conditions hydriques et manifestations de la chlorose ferrique

a) *Cas d'une année sèche (1976)* (figure 1). En sol calcaire profond à Bca il y a eu un très fort dessèchement du Bca qui a pratiquement atteint pF 4,2 succédant à un assèchement des horizons Ap et (B). Cela s'est traduit par une chlorose très intense de la vigne (stade nécroses sur feuilles).

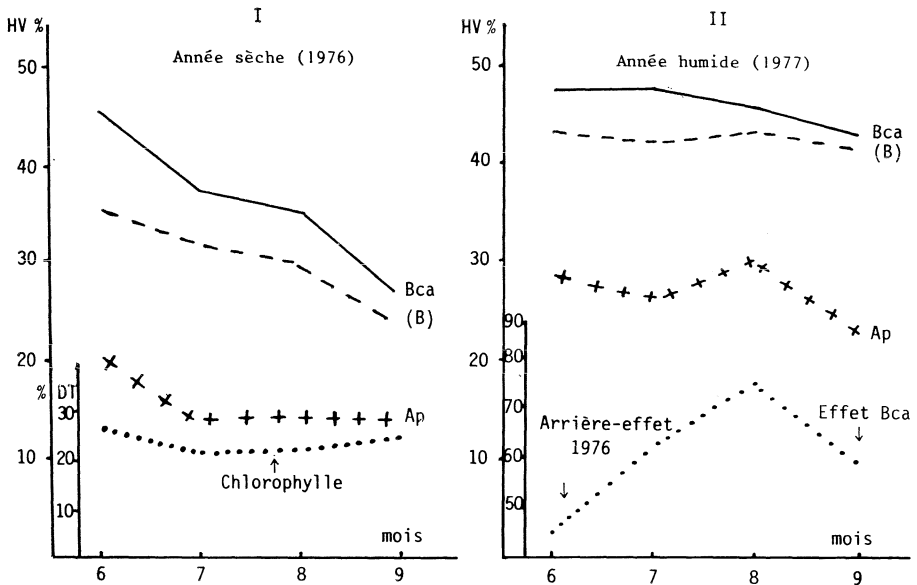


Fig. 1. — Alimantation hydrique de la vigne en sol à Bca et évolution du taux de chlorophylle (Cabernet Franc/5BB).

Dans le cas du sol calcaire mince les dessèchements de surface sont très importants, ayant dépassé pF 4,2, alors que le taux de chlorophylle était tout à fait normal car les facteurs de chlorose étaient réduits au minimum.

b) *Cas d'une année humide (1977)*. En sol à Bca le dessèchement de surface a été peu important jusqu'au début de l'été, mais est intervenu plus nettement en septembre corrélativement à une arrière-saison sèche.

L'horizon (B) intermédiaire a conservé un taux d'humidité presque constant au cours de l'année. Par contre le Bca a subi un dessèchement progressif et limité à partir de juillet. La courbe de teneur en chloro-

phylle montre en juin un arrière-effet significatif de chlorose de l'année 1976, puis une croissance très rapide jusqu'en août (stade 1) et à nouveau une décroissance nette en septembre qui correspond à une alimentation préférentielle de la vigne dans l'horizon Bca. Il existe d'ailleurs une relation statistique hautement significative entre l'intensité relative de la chlorose (ΔDT) et l'importance du dessèchement de l'horizon Bca ($\Delta I/S$) dans le cas du Cabernet franc greffé sur SO_4 et 5BB pour les deux années considérées (1976, 1977) (figure 2).

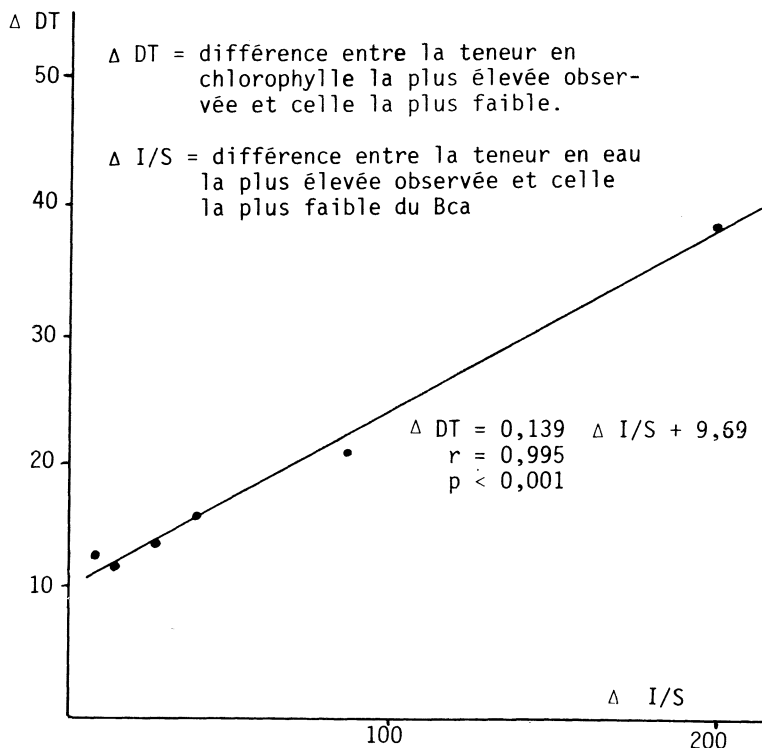


Fig. 2. — Relation entre l'intensité relative de la chlorose ferrique (ΔDT) et le stade de dessèchement de l'horizon Bca ($\Delta I/S$) pour les deux années successives (1976-1977)

— Pour schématiser les différentes conditions de chlorose ferrique dans notre région, nous pouvons commenter la figure 3.

Les cas B et C correspondent à des sols calcaires minces peu évolués (brun calcaire, rendzine) sans concentration racinaire particulière. Les chloroses graves se déclenchent alors classiquement en année humide, surtout sur C, alors qu'en période sèche le Cabernet franc greffé sur SO_4 ou Téléki 5BB se comporte très bien. Le cas A est particulier en ce sens que le sol est glauconieux et que même en année très humide la chlorose n'est que diffuse en raison de la très bonne fourniture en fer.

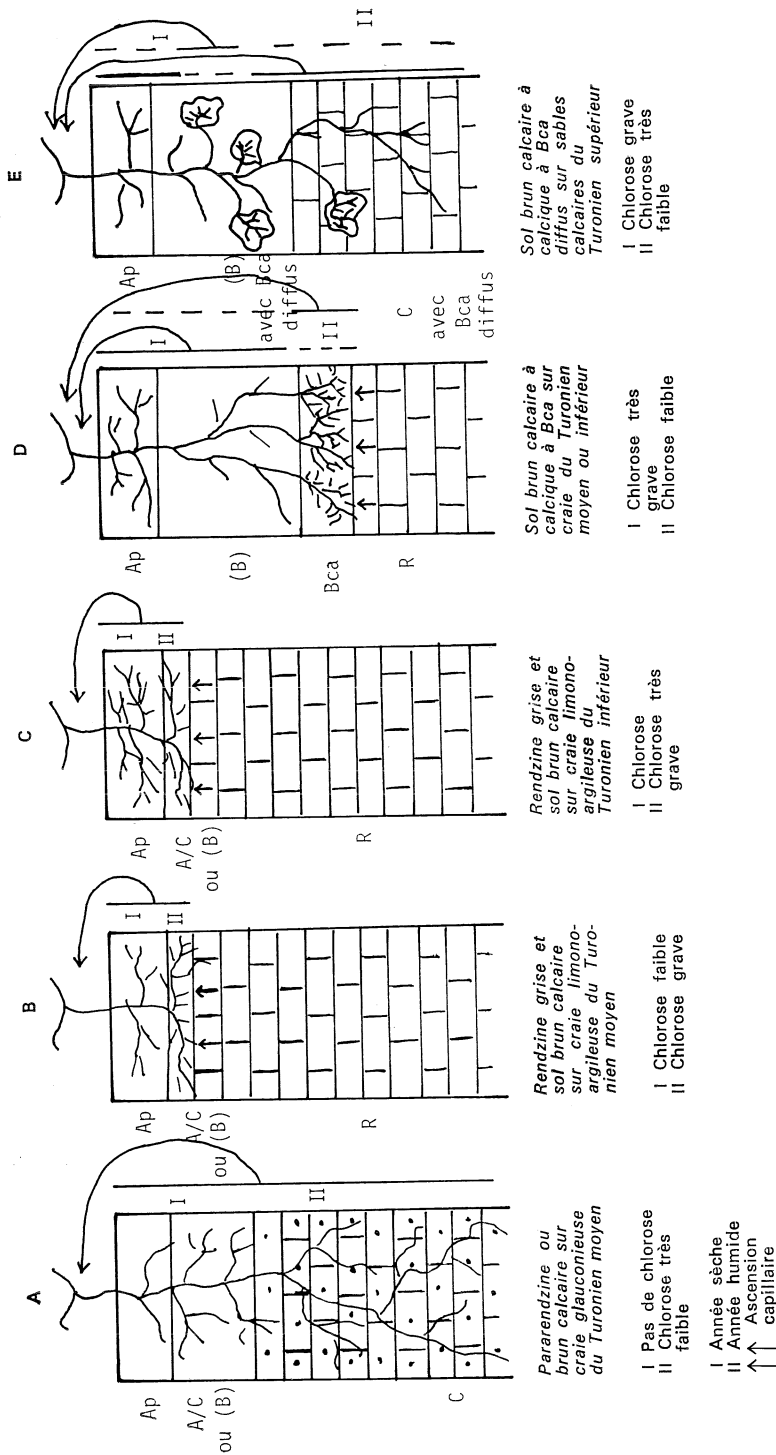


Fig. 3. — Type d'alimentation hydrique de la vigne et relations avec la chlorose ferritique

Dans le cas D nous rencontrons les profils à Bca typique avec exploitation racinaire préférentielle du Bca. La chlorose d'année ou de période sèche se déclenche très nettement même avec les porte-greffes les plus résistants (41B), alors qu'en année humide la vigne a un comportement quasi normal.

CONCLUSION

L'étude que nous avons menée a permis de définir deux notions vis-à-vis de la chlorose ferrique de la vigne :

— la notion de situation chlorosante qui s'applique surtout à la chlorose d'année sèche et qui correspond à des profils pédologiques particuliers qui se développent dans des conditions topographiques précises (replats de pentes, bas de pentes).

— la notion d'horizon à potentiel chlorosant. Les données que nous avons recueillies montrent bien que selon l'horizon, les caractéristiques pouvant jouer un rôle dans la chlorose sont très différentes. C'est ainsi que le Bca se distingue très nettement par ses caractères très défavorables, alors que l'horizon C sur craie est beaucoup moins chlorosant.

Il en découle que pour une région viticole donnée ces deux notions peuvent être intégrées dans une cartographie thématique, qui représente une première lutte préventive contre la chlorose. En effet, depuis la crise phylloxérique dans les vignobles de la Moyenne Vallée de la Loire (Saumur, Chinon, Bourgueil) la vigne a tendance à désertier de plus en plus les sols calcaires qui représentent pourtant un milieu viticole de tout premier ordre. En faisant une analyse sérieuse des risques de chlorose, la cartographie permettrait une réorientation du vignoble avec un minimum de risques.

Enfin, en matière de lutte « curative » il apparaît que les moyens à mettre en œuvre sont très différents suivant le type de chlorose considéré :

. dans le cas de la chlorose d'année humide les moyens sont classiques : apport de fer au sol sous forme de sulfate de fer, chélates, ou au végétal avec les mêmes produits en pulvérisation ou badigeonnage des plaies de taille ; élimination de l'excès d'humidité du sol.

. dans le cas de la chlorose d'année sèche il faudra s'attacher à maintenir au maximum l'enracinement en surface (horizons Ap et (B)). Pour cela il s'agit d'une part d'employer des techniques d'entretien du sol ne détruisant pas les racines des couches superficielles (désherbage total) et d'autre part de limiter les pertes d'eau de surface par évaporation (mulching).

Manuscrit reçu le 9 juillet 1979.

RESUMÉ

Dans la région viticole du Val de Loire le potentiel chlorosant des différentes formations géologiques calcaires est très variable. Il apparaît très lié à la quantité de fer extractible à l'oxalate d'ammonium qui est importante sur certains substrats glauconieux. Les conditions de profil pédologique (degré d'évolution de la lixiviation et de l'accumulation de CaCO_3) permettent, en relation avec les caractéristiques climatiques, d'expliquer les phénomènes de chlorose ferrique d'année ou de période sèche.

SUMMARY

In the viticultural region of the Loire Valley the chlorosing potential of the different geological calcareous formations varies greatly. It appears to be closely linked to the quantity of iron extractible with oxalate of ammonium which is important on certain glauconitic substrata. The pedological profile conditions (degree of evolution of lixiviation and accumulation of CaCO_3), in relation with the climatic characteristics, allows the phenomena of ferric chlorosis in a year or during a dry period to be explained.

ZUSAMMENFASSUNG

In der Weibaugegend des Loiretales ist das Chlorosepotential der verschiedenen geologischen Kalksteinablagerungen sehr unterschiedlich. Es scheint sehr Eisenmenge abzuhängen, die durch Ammoniumoxalat ausfällbar ist, welches bei gewissen Glaukonitubstraten bedeutend ist. Die Bedingungen des pedologischen Profils (Entwicklungsgrad der Auslaugung und der Ansammlung von CaCO_3) gestatten in Verbindung zu den klimatischen Merkmalen die Erklärung der Eisenchloroseerscheinungen von Jahr oder in einer Trockenperiode.

RESUMEN

En la región vitícola del Valle del Loire el potencial clorosante de las diferentes formaciones geológicas calcáreas es muy variable. Está muy ligado a la cantidad de hierro extraíble por oxalato amónico, que es muy importante en algunos sustratos. Las condiciones de perfil pedológico (grado de evolución de la lixiviación y la — acumulación de Ca CO_3) permiten en relación con las características climáticas, explicar los fenómenos de clorosis férrica en los períodos de sequedad.

RIASSUNTO

Nella regione viticola della valle della Loira, il potenziale di clorosi delle differenti formazioni geologiche calcari è molto variabile.

Sembra molto in relazione con la quantità di ferro estratto con ossalato d'ammonio che è importante su certi sostrati « glauconieux ».

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

DUPONT J., 1978. Les problèmes de l'adaptation de la vigne dans le vignoble de Chinon. *Thèse de Doctorat de 3^e cycle*, 74 pages, plus annexes, Poitiers.

- MILLER G.W. et EVANS H.J., 1956. Inhibition of plant cytochrome oxidase by carbonate. North Carolin. Agric. Exper-Station Raleigh NC. *Nature*, **178**, N° 3, 974-976.
- MILLER G.W. et THORNE D.W., 1956. Effect of bicarbonate ion on the respiration of excised roots. *Plant Physiol.*, **31**, 151-155.
- PORTER L.K. et THORNE D.W., 1955. Interrelation of carbon dioxide and bicarbonate ions in causing plant chlorosis. *Soil Sci.*, **79**, N° 5, 373-381.
- POUGET et JUSTE. 1972. Appréciation du pouvoir chlorosant des sols faisant intervenir le calcaire actif et le fer facilement extractible. Application au choix des porte-greffes de la vigne. *C.R. Acad. Agric.*, **58**, 352-357.
- STOLWIJK J.A.J. et THIMANN K.W., 1957. On the uptake of carbon dioxide and bicarbonate by roots and its influence on growth. *Plant Physiol.*, **32**, 6.