

# Influence de la fertilité du sol sur le contrôle de la vigueur par les porte-greffes

## Soil fertility and conferred vigour by rootstocks

Jean-Pascal TANDONNET\*, Louis BORDENAVE, Stéphane DECROOCQ et Nathalie OLLAT

UREFV, INRA, C.R. de Bordeaux, BP 81, 33883 Villenave d'Ornon, France

\*Corresponding author: tandonne@bordeaux.inra.fr

**Abstract** : The adaptation of rootstock to scion variety and soil determines largely the control of the vegetative growth for grapevine. Many experiments were performed in the vineyard to classify the rootstocks according to their soil adaptation and to their effect on vine vigour. So far there are no data describing the course of appearance of rootstock effects after plantation. Moreover the underlying mechanisms of conferred vigour remain largely unknown.

An experimental vineyard was planted with 2 varieties (Merlot and Cabernet-Sauvignon) grafted onto 3 known rootstocks (Riparia Gloire de Montpellier, SO4 and 110R) in a gravelly soil from Bordeaux area. Two years after plantation, a high level of soil fertility was created on half of the plot, by adding 100 N units at spring and watering the vines during summer. Soon after plantation and during 4 years, developmental data (phenological stages, shoot growth, shoot diameter, leaf area, pruning wood weight, bud fertility and yield) and physiological data (water status, leaf gas exchanges, mineral analysis, stored carbohydrates) were collected all through the seasons.

It was observed that the rootstocks affected vine vegetative growth early after plantation, before the vines bared any crop and even in the plot where the fertility was high. Parameters describing vegetative growth (shoot growth rate, shoot diameter, leaf area) and biomass accumulation were highly correlated. Significant differences between rootstock / scion combinations were recorded on leaf gas exchanges, stored carbohydrates and water status. However these effects are closely related to the vegetative and reproductive development of the vines. Multidimensional analysis of the data showed the effects of scion variety, rootstock and soil fertility. The invigorating effect of Riparia Gloire de Montpellier remains regardless of soil fertility and scion variety. However this effect is stronger when the scion is Cabernet-Sauvignon. The conferred vigour seems to be related to a very early interaction between rootstock and scion, which occurs regardless of environmental conditions. The determinism of this interaction does not seem to be related to the water and nitrogen status of the vines.

**Key words:** grapevine, rootstock, growth, soil water, nitrogen

## Introduction

L'adaptation du porte-greffe au greffon et au sol constitue l'élément capital du contrôle de la croissance végétative de la vigne. Il existe cependant peu de données sur la dynamique de mise en place des écarts de vigueur induits par les porte-greffes alors que la phase d'installation des parties pérennes détermine en grande partie les capacités de croissance des vignes adultes. Les mécanismes physiologiques qui contrôlent la vigueur des greffons sont encore peu connus. Des hypothèses comme la capacité d'extension du système racinaire ou l'affinité entre le porte-greffe et le greffon ont été avancées. L'alimentation minérale et hydrique est également fortement influencée par le porte-greffe. Le système racinaire a un rôle important dans l'allocation du carbone et donc dans le contrôle de la croissance. Il est alimenté en assimilats carbonés produits par le greffon. Ces assimilats permettent d'une part le métabolisme des racines (croissance, absorption des ions etc.) et d'autre part, le stockage des réserves carbonées. Enfin, une des voies de la régulation de la vigueur par le porte-greffe pourrait être sa capacité à produire et à fournir au greffon différents régulateurs de croissance (Ollat *et al.*, 2003).

Le suivi d'un dispositif de terrain à trois facteurs, porte-greffe/greffon/fertilité du sol, dès la plantation, nous a permis de décrire la mise en place des différences de vigueur induites. Il nous a permis de montrer comment la fertilité du sol interagit avec l'effet du porte-greffe sur la croissance et la maturité des moûts. D'autre part, les résultats présentés contribuent à l'étude du déterminisme de la vigueur conférée par le porte-greffe.

## Matériels et méthodes

Cette étude a été réalisée sur les cépages Cabernet-Sauvignon (CS) et Merlot (MN). Les vignes ont été greffées sur des génotypes conférant classiquement une vigueur faible (Riparia Gloire de Montpellier, RGM) ou élevées (SO4 et 110R). L'essai a été planté en 2000, dans une parcelle sablo-graveleuse de l'appellation « Premières Côtes de Bordeaux » sur le domaine expérimental INRA du Grand-Parc. Les vignes sont conduites en espalier, à une densité de 5 050 souches par hectare. Une charge de 30 000 bourgeons par hectare sur MN et de 40 000 sur CS a été répartie sur chaque parcelle, en tenant compte de la puissance des vignes. Le dispositif est constitué de quatre blocs de cinq souches par traitement.

À partir de 2002, la parcelle a été divisée en deux. Une moitié a été utilisée comme témoin (F-). La seconde a reçu annuellement une fertilisation azotée de 100 U et une irrigation au cours de l'été afin de maintenir une réserve hydrique non limitante (F+). Cet apport d'eau a été fait une fois par semaine à partir de la floraison. La quantité amenée tient compte de la pluviométrie et représente 60% de la somme hebdomadaire de l'évapotranspiration potentielle calculée à partir des données enregistrées par une station météorologique automatique.

Le comportement agronomique et physiologique de la vigne a été suivi chaque année depuis la plantation à l'aide de nombreux paramètres décrivant le développement végétatif, les récoltes, les échanges gazeux, l'alimentation minérale et les réserves hydriques du sol. Les traitements des données ont été réalisés avec le logiciel Statistica (Statsoft Inc).

## Résultats

### Évolution des poids de bois de taille

Le niveau de vigueur a été déterminé chaque année par la mesure des poids de bois enlevés au moment de la taille. La figure 1 représente l'évolution de ces poids pour les deux cépages. D'une manière générale, ils augmentent au cours du temps, ce qui reflète la phase d'installation du système racinaire. Des différences entre les traitements apparaissent rapidement au cours des deux premières années, puis se stabilisent. L'action conjuguée de l'irrigation et de la fertilisation azotée provoque immédiatement une augmentation significative de la puissance des souches. Il n'y a pas d'interaction entre la fertilité du sol et les porte-greffes pour les poids des bois de taille. Les écarts entre les parcelles témoins et fertiles sont significatifs dès la plantation, mais leur intensité varie suivant les millésimes. Les différences sont particulièrement importantes les années 2002 et 2004 (+30%), alors qu'elles sont plus faibles, voire inexistantes lorsque les conditions climatiques sont plus limitantes (2003 et 2005). L'effet des porte-greffes sur le développement végétatif est significatif dès les premières années, avant l'apparition de récolte. Les poids des bois des vignes greffées sur 110R et SO4 évoluent au cours du temps avec des niveaux de puissance équivalents.

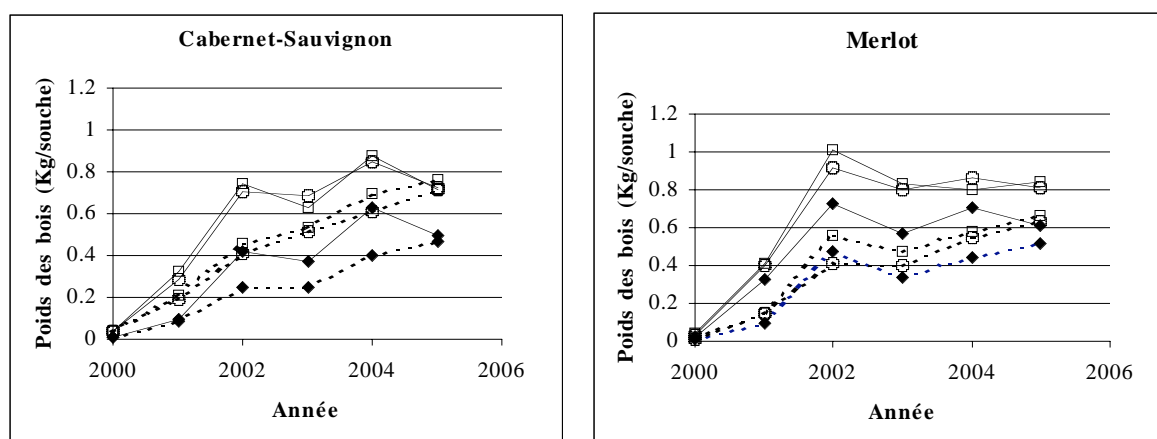


Figure 1 - Évolution des poids de bois de taille sur Cabernet-Sauvignon et Merlot sur les parcelles F+ (—) et F- (---). RGM(◆) SO4 (○) et 110R (★).

La figure 2 représente l'évolution des bois de taille des plants greffés sur SO4 par rapport au RGM. Cette représentation permet de supprimer l'effet parcelle et de comparer l'intensité de l'effet du RGM sur les deux types de sol. Sur CS, les rapports entre les porte-greffes sont cinq fois plus élevés l'année de plantation puis ils diminuent rapidement pour finalement se stabiliser autour d'une valeur de 1,6. Sur MN, les rapports sont

plus faibles. Ils sont voisins de 1,2 dès la première année. L'effet dépressif du RGM apparaît avec la même intensité en condition témoin et en situation hydrique et azotée non limitante.

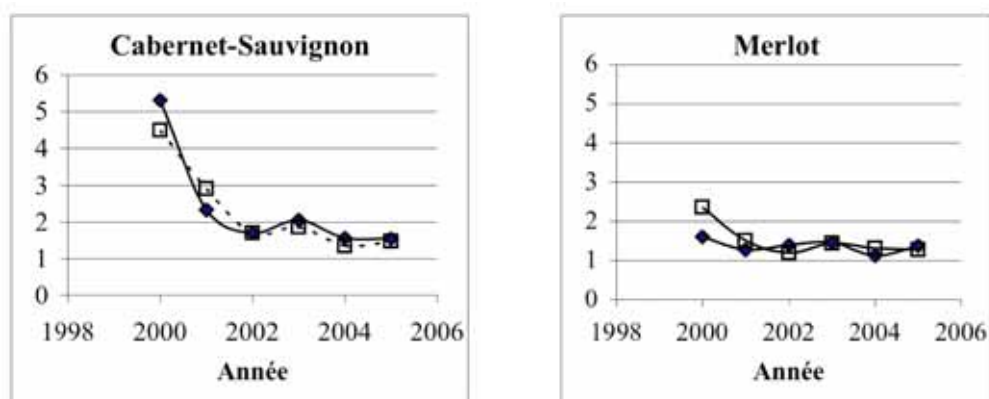


Figure 2 - Évolution du rapport SO<sub>4</sub>/RGM sur les parcelles F+ (□) et F- (◆).

### Analyse multifactorielle de l'essai

La caractérisation des vignes a été réalisée à l'aide d'un grand nombre de descripteurs du développement (stades phénologiques, diamètres et allongement des rameaux, surface foliaire, poids des bois de taille, fertilité, poids de récolte, maturité) et de fonctionnement (échanges gazeux, état hydrique, analyses minérales, analyses des réserves carbonées). Afin d'étudier les relations entre ces variables et de rechercher les principaux facteurs explicatifs des effets mesurés, ces données ont été étudiées à l'aide d'une analyse factorielle. La figure 3 présente le cercle des corrélations entre les variables issu de l'ACP. Les deux premières composantes principales expliquent 62 % de la variation totale.

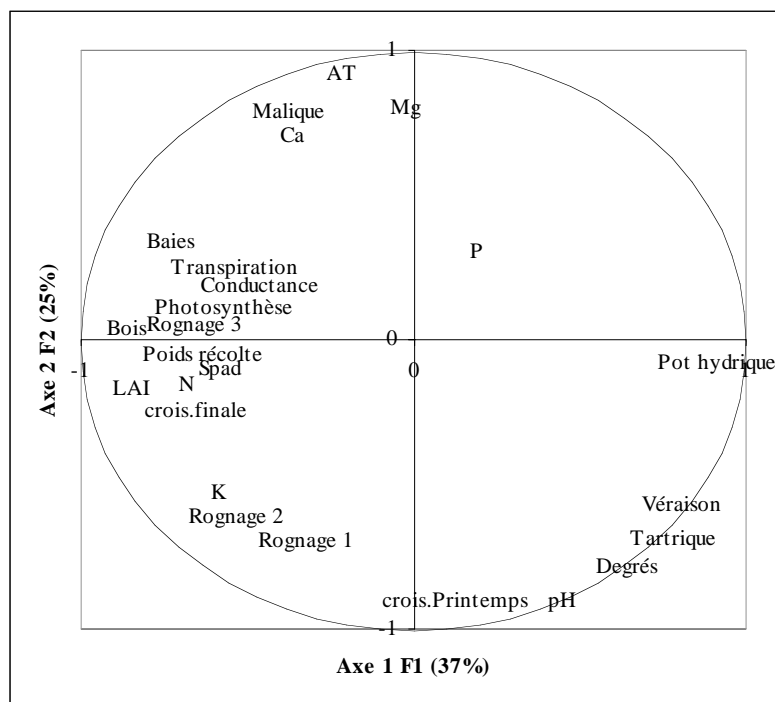


Figure 3 - Cercle des corrélations des variables issues de l'ACP

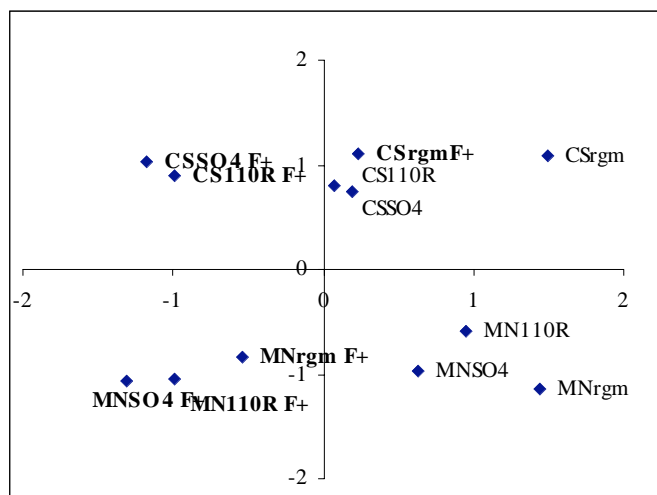
L'axe 1 explique 37 % de la variation. Les variables caractérisant le développement végétatif final des souches (poids des bois, surface foliaire, poids de rognage) sont situées du côté négatif et contribuent en grande partie à la construction de cet axe. La fertilité des souches, les poids des baies et au final, les rendements sont représentés à proximité des variables liées au développement végétatif. D'autre part, cet axe représente bien l'intensité maximale des échanges gazeux en relation avec l'environnement des plants. Les mesures de photosynthèse, de transpiration et de conductance stomatique maximales réalisées s'opposent aux niveaux de réserve hydrique du sol. Les combinaisons bien alimentées en eau présentent les niveaux d'échange gazeux les plus élevés : les activités photosynthétiques mesurées sont corrélées aux potentiels

hydriques de base ( $r^2=0.75$ ). Au cours des périodes estivales, la transpiration, la conductance stomatique et l'assimilation de CO<sub>2</sub> par unité de surface foliaire, ont diminué proportionnellement à l'augmentation de la contrainte hydrique, sans qu'un effet porte-greffe puisse être mis en évidence. Les mesures de photosynthèse et de transpiration maximale présentent entre elles de bonnes relations linéaires : l'efficacité de l'eau est donc restée constante durant tout le cycle végétatif. Les variables "concentrations en azote pétioleaire et l'indice chlorophyllien" sont localisées à proximité de celles liées à la vigueur. Ce premier axe représente très bien les niveaux de croissance, de rendement et d'activité photosynthétique qui sont induits par les apports azotés et par l'irrigation.

Le deuxième axe explique 27 % de la variation. Les variables liées à la composition des moûts contribuent fortement à sa formation. Les teneurs en sucres totaux, en acide tartrique et les pH élevés sont situés vers l'extrémité négative et s'opposent à l'acide malique et à l'acidité totale. Cet axe est également constitué par les variables représentant les niveaux de croissance « printaniers » (premier poids de rognage, somme des croissances des rameaux fin juin, diamètres de la base des tiges) et à l'opposé par les teneurs pétioleaires en calcium et magnésium.

La projection des individus sur le plan défini par ces deux axes permet d'évaluer l'importance des effets porte-greffes, parcelles et cépages (fig. 4). L'axe 1 discrimine bien les effets parcelle et porte-greffe. Les traitements, qui présentent les niveaux de vigueur et de rendement les plus élevés, sont situés du côté négatif de cet axe. Ils sont également caractérisés par des teneurs en azote pétioleaire plus fort, par des activités photosynthétiques importantes et une bonne alimentation hydrique. Sur MN, cette composante principale sépare bien l'effet des deux parcelles. Sur CS, l'influence des porte-greffes est plus importante et l'effet dépressif du RGM sur F+ est suffisant pour compenser l'élévation de vigueur induit par le sol.

Le deuxième axe révèle surtout les différences d'aptitude des deux cépages. Le MN est caractérisé par une croissance plus intense au début du cycle végétatif, une avance de maturité de une à deux semaines et des moûts plus riches en sucres et en acide tartrique. Cet effet très important des greffons sur la maturité masque l'influence des parcelles et des porte-greffes sur la composition des moûts.



**Figure 4 - Projection des combinaisons greffon/porte-greffe/fertilité sur le plan défini par les deux premières composantes principales issues de l'ACP.**

L'étude de la position des individus sur le plan défini par les deux axes de l'ACP en fonction des variables « teneur pétioleaire en éléments minéraux » révèle que dans cette étude le greffon intervient dans le contrôle de la teneur en magnésium et en calcium des pétioles. Le sol influence l'alimentation azotée des plantes, bien qu'il soit en partie masqué par des différences de croissance qui induisent un effet de dilution. La teneur en phosphore ne contribue pas à la construction du plan présenté, mais elle est directement liée à l'effet du porte-greffe. Les vignes greffées sur RGM ont des teneurs en phosphore pétioleaires systématiquement plus faibles par rapport à ceux greffés sur SO4, puis sur 110R, quel que soit le cépage ou la parcelle.

#### **Influence de la vigueur sur les rendements et la maturité des moûts**

Classiquement, l'augmentation des niveaux de vigueur sur la parcelle bien alimentée en eau et en azote provoque une élévation de la fertilité, du poids des baies et de récolte. Au final, elle modifie les caractéristiques des vendanges. Les rendements sont systématiquement liés aux poids des bois de l'année précédente. Les coefficients de détermination entre ces deux variables sont compris entre 0,64 et 0,94 selon les années. La parcelle F+ est caractérisée par un retard de la véraison de 7 à 10 jours. Le poids des baies

issues de cette parcelle est selon les millésimes, supérieur de 15 à 30 % par rapport à ceux de la parcelle F-. Les concentrations en sucres et en acide tartrique sont plus faibles, alors que la concentration en acide malique est plus élevée. L'acidité totale est elle aussi plus élevée. Les relations entre les variables liées à la vigueur, aux rendements, et la maturité ont été systématiquement testées sur l'ensemble des traitements. Seule l'année 2003 a été caractérisée par une corrélation significative entre la vigueur (représentée ici par les poids du dernier rognage, fin août) et les teneurs en sucres. L'effet des porte-greffes sur la maturité est faible et dépend des interactions parcelles-cépages et des millésimes. Les concentrations moyennes en sucres, sur les quatre années de récolte, ne montrent pas d'effet significatif des porte-greffes. Les diminutions importantes de la vigueur provoquées par le RGM n'ont pas eu d'effet proportionnel sur l'accumulation des sucres.

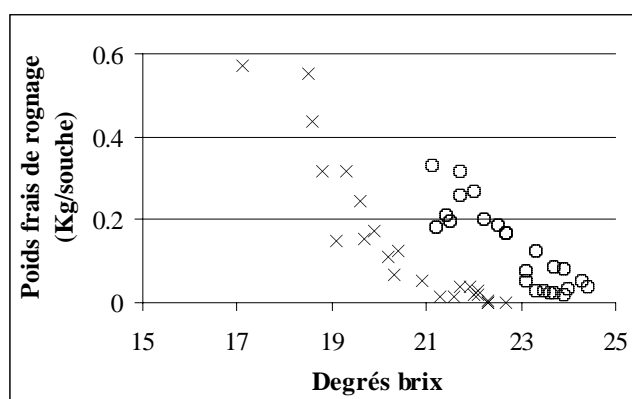


Figure 5 - Relation entre les poids de rognage et la teneur en sucres des raisins (Brix) sur CS(x) et MN (o)

## Discussion

L'analyse détaillée du développement de la vigne pendant plusieurs cycles de croissance à partir de la plantation permet de mieux décrire l'effet du porte-greffe et leurs interactions avec les deux cépages et la fertilité de la parcelle. L'ensemble des données montre que les différences de vigueur, en particulier l'effet dépressif du porte-greffe Riparia Gloire de Montpellier, se mettent en place au vignoble dès la plantation, avant la mise à fruits. Le RGM réduit la vigueur des vignes en sol fertile dans la même proportion qu'en milieu plus limitant. Le maintien de cet effet dévigorisant en présence d'un fort niveau de vigueur induit par une fumure azotée a été décrit par Delas *et al* (1991). Ces résultats montrent que les observations réalisées par Branas (1974) dans lesquels il indique que l'amplitude des différences de puissance qui sépare les porte-greffes, diminue dans les sols favorables (profonds, riches et frais), n'est pas vérifié dans cet essai.

Les observations réalisées ont permis de tester un certain nombre d'hypothèses sur le déterminisme de la vigueur conférée. L'assimilation puis l'allocation du carbone peuvent modifier l'équilibre fonctionnel entre porte-greffe et greffon. Aucune différence significative n'a été mise en évidence entre les porte-greffes au niveau de l'activité spécifique des feuilles, contrairement à ce qui a été rapporté par d'autres auteurs (During, 1994). Les différences d'activité photosynthétique mesurées sont principalement liées à la réserve hydrique du sol évaluée par des potentiels hydriques de base. Cependant étant donné les écarts de surface foliaire, la quantité totale de carbone assimilée est plus élevée dans les associations les plus vigoureuses. L'apparition d'un effet porte-greffe sur la croissance avant la mise à fruit montre que les différences de vigueur ne résultent pas d'une compétition pour les assimilats entre les raisins et les racines (Williams, 1996).

Étant donné l'importance de l'alimentation hydrique et minérale sur le contrôle de la croissance végétative, nous avons évalué l'influence de ces facteurs pour les différentes associations porte-greffe greffon. Dans les conditions sans contrainte hydrique (F+) les écarts de poids des bois entre les combinaisons sont maintenus. Ce résultat signifie que le contrôle de la vigueur du greffon par le porte-greffe ne dépend pas uniquement de l'alimentation en eau des plantes. L'influence du porte-greffe sur la composition des feuilles et la croissance a été étudiée par de nombreux auteurs. Dans cet essai, les analyses pétiolaires et les indices chlorophylliens montrent que les teneurs en azote des feuilles sont peu dépendantes de l'association porte-greffe/greffon et sont principalement influencées par la fertilisation des parcelles. Les combinaisons greffées sur RGM présentent des concentrations plus faibles en phosphore. Ces résultats confirment que ce porte-greffe a une capacité plus faible à prélever cet élément (Spring *et al.*, 1999), mais il a été montré qu'une déficience en

phosphore affecte la croissance foliaire et a pour conséquence la réduction du développement racinaire (Mollier and Pellerin, 1999).

Le rapport feuille-fruit est une composante essentielle pour expliquer la teneur en sucres dans les raisins. Un seuil de 1 kg/m<sup>2</sup> de couvert végétal est nécessaire pour obtenir un taux de sucres optimal (Murisier, 1996). Dans notre essai, ce rapport varie entre 0,77 et 1,27, mais n'explique pas les différences de teneur en sucres à maturité pour un même cépage.

## Conclusions

En raison du rôle très important que joue le porte-greffe sur la régulation de la vigueur, il est du plus haut intérêt de choisir celui qui, associé à un cépage déterminé, est le mieux adapté aux conditions du milieu et au système de conduite retenu. Dans cet essai, l'effet dévigorant du Riparia Gloire de Montpellier est resté proportionnel au niveau de fertilité du sol. Il a permis d'obtenir dans les deux types de parcelles un niveau de vigueur et de production compatible avec les critères de l'appellation contrôlée. Bien que le SO4 et le 110R aient des aptitudes opposées vis-à-vis du régime hydrique, ils se sont comportés de manière identique, même lorsque les millésimes ont été marqués par des niveaux de contrainte hydrique importants.

Le Riparia Gloire de Montpellier est le seul porte-greffe actuellement utilisé ayant un effet réellement dévigorant. Cependant, son utilisation se limite aux parcelles non calcaires, ne présentant pas de fortes contraintes hydriques. L'étude du déterminisme de la vigueur qu'il confère devrait contribuer à terme à la mise au point d'outils de sélection permettant l'obtention de nouveaux porte-greffes qui combinerait l'effet dévigorant, la résistance à la chlorose et une certaine tolérance aux nématodes vecteur du court-noué.

**Remerciements :** Nous remercions vivement le personnel du Domaine du Grand-Parc ainsi que le Centre interprofessionnel des vins de Bordeaux et la Région aquitaine pour leur soutien financier.

## Références bibliographiques

BRANAS J. 1974. *Viticulture*.

DELAS J., MOLOT C., SOYER J.P., 1991. Effects of nitrogen fertilization and grafting on the yield and quality of the crop of *Vitis vinifera* cv. Merlot. *International Symposium on Nitrogen in Grapes and Wines. Seattle*. 242-248.

DURING H., 1994. Photosynthesis of ungrafted and grafted grapevines : effects of rootstock genotype and plant age. *Am. J. Enol. Vitic.*, **3**, 297-299.

MOLLIER A., PELLERIN S., 1999. Maize root system growth and development as influenced by phosphorus efficiency. *J. Exp. Bot.*, **50**, 487-497.

MURISIER F.M., 1996. Optimisation du rapport feuille-fruit de la vigne pour favoriser la qualité du raisin et l'accumulation des glucides de réserve. Relation entre le rendement et la chlorose. *Thèse de l'Ecole Polytechnique Fédérale de Zurich*, 132 p.

OLLAT N., TANDONNET J.P., BORDENAVE L., DECROOCQ S., GENY, L., GAUDILLERE J.P., FOUQUET R., BARRIEU F., HAMDI S., 2003. La vigueur conférée par le porte-greffe: hypothèses et pistes de recherches. *Bull. OIV*, **869-870**, 581-595.

SPRING J-L., AERNY J., RYSER J.P., 1999. Influence du porte-greffe sur l'alimentation minérale du greffon. Premiers résultats d'un essai avec du Chasselas et du Gamay dans le bassin lémanique. *Revue Suisse Vitic. Arboric. Hortic.*, **31**, 321-327.

WILLIAMS L.E., 1996. *Grape. In Photoassimilate distribution in plants and crops*. Eds E. Zamski et A.A. Schaffer, Marcel Dekker, Inc New York. 851-881.