

INFLUENCE DES SYSTEMES
INFLUENCE DES SYSTEMES
DE CONDUITE
SUR LA PRODUCTION DE RAISINS

Nathalie OLLAT

UREFV-INRA

BP 81 - 33883 Villenave d'Ornon

La production de raisins de qualité s'accompagne en général d'une maîtrise des rendements. Contrairement à d'autres productions agricoles, le viticulteur ne recherche pas un rendement maximal, mais un rendement optimal en fonction du niveau de qualité souhaitée et aussi de la rentabilité économique de son exploitation. Par conséquent l'étude des effets des pratiques culturales sur la production de raisins est rarement déconnectée de l'aspect qualitatif. Traiter de l'effet du système de conduite sur le rendement est à la fois simple et compliqué.

Les composantes du rendement sont le nombre de souches /ha, le nombre de bourgeons/souche, la fertilité des bourgeons (nombre de fleurs/bourgeon), le taux de nouaison et la taille des baies. Le rendement/ha dépend en majeure partie du nombre de bourgeons/ha laissés à la taille, c'est-à-dire de la charge en bourgeons/ha. Mais les systèmes de conduite ont des effets non négligeables sur la fertilité des bourgeons, le taux de nouaison, le poids des baies. Enfin la maîtrise du rendement repose sur l'idée forte d'une relation négative entre le niveau et la qualité de la production dont il est nécessaire de préciser les fondements.

I - RELATIONS CONDUITE-CHARGE EN BOURGEONS

1 - LE MODE DE TAILLE

Le mode de taille dépend avant tout de la fertilité du cépage. On choisira une taille courte pour des cépages fertiles sur les bourgeons de la base (Merlot), et des tailles longues pour les autres (Sémillon). Il a en effet été montré que la fertilité augmente de la base vers le milieu du sarment. Le mode de taille est un moyen de contrôler la production puisque, au même niveau de charge en bourgeons, la fertilité moyenne sera différente pour des vignes taillées en Guyot ou en cordons. Un exemple cité par Argillier (1989) illustre ce propos. Du Cabernet Sauvignon taillé en cordon possède un indice de fertilité (nombre moyen de grappes par bourgeon) de 1.22 et un poids moyen des grappes de 162 g. Le même cépage taillé en Guyot possède un indice de fertilité de 1.92 et un poids moyen de grappe de 204 g. Murisier et Spring (1987) enregistrent également des rendements plus faibles pour des Chasselas taillés en cordons, par rapport à une taille en Guyot. Sur cordon, la charge est mieux répartie sur la souche et l'aération des grappes est améliorée. Mais, pour les cordons, il peut y avoir des problèmes de démarrage des bourgeons de la base et donc une difficulté à trouver des bois de taille, des problèmes de dégarnissement, des problèmes de renouvellement du cordon. Dans d'autres cas, le démarrage de bourgeons du vieux bois et de la couronne peut être observé. Ceci entraîne un entassement supérieur et une production supplémentaire si un épamprage n'est pas réalisé (Jaeger, 1998). L'effet du mode de taille sur la qualité des raisins à rendement égal n'a pas pu être encore clairement démontré (Jackson et Lombard, 1993). Le mode de taille est encore très lié aux pratiques régionales et au niveau de production souhaitée pour un type de vin donné. Ainsi en Champagne, la taille Chablis permet d'atteindre des charges en bourgeons très élevées compatibles avec le rendement attendu.

1. LA CHARGE EN BOURGEONS PAR SOUCHE

Il faut bien distinguer la charge en bourgeons par souche et la charge par hectare. D'après Champagnol (1984), **la charge optimale en bourgeons d'une souche doit permettre une exploitation optimale des capacités de croissance de la souche**. Les capacités de croissance sont largement liées au matériel végétal (cépage, clone, porte-greffe) et au milieu (fertilité du sol (naturelle ou après fertilisation), climat). L'établissement de la charge optimale par souche doit tenir compte du nombre de bourgeons qui ne débourent pas et de ceux qui débourent alors qu'ils n'ont pas été prévus. La charge optimale est atteinte lorsque le nombre de bourgeons qui débourent est équivalent à celui laissés à la taille, lorsqu'il n'y a pas d'allongement anormal de la charpente et qu'on a obtenu la vigueur moyenne désirée. De manière intuitive, le tailleur fixe le nombre de bourgeons par souche en fonction de la puissance observée. De manière plus rationnelle, cette charge peut être calculée en fonction du poids des bois de taille. **Cette charge optimale correspond à la notion d'équilibre physiologique qui peut être évalué par les indices suivants : Surface foliaire totale/Surface foliaire Exposée ou Surface externe de couvert végétal; Surface foliaire/poids de raisin, poids de raisin/poids des bois**. Augmenter trop excessivement le nombre de bourgeons par souche (même en conservant la distance minimale entre rameaux) peut faire diminuer la vigueur et le taux de débourement, et favorise l'hétérogénéité entre les rameaux et l'apparition de discontinuité dans le palissage (Murisier et Ferretti, 1996). Le contraire peut favoriser une augmentation de la vigueur et de fertilité, soit un phénomène de compensation pour lequel le rendement est moins affecté que la charge en bourgeon. Il est en général très difficile de maîtriser le rendement en réglant la charge en bourgeon par souche. Payan *et al.* (1991) ont constaté qu'une diminution de charge s'accompagne d'une diminution de rendement variable en fonction des cépages. Mais la charge appliquée pour contrôler le rendement ne doit pas trop différer de la charge optimale fonction de la vigueur. Si la charge appliquée est supérieure à celle autorisée par la vigueur, les souches vont s'affaiblir et le rendement n'augmentera pas proportionnellement au nombre de bourgeons. Si la charge appliquée est inférieure à celle permise par la vigueur, le rendement sera moins affecté que prévu (CIVB, 1995). Dans ces situations, il vaut mieux essayer de contrôler d'abord la vigueur et le rendement par d'autres pratiques culturales. Le système de conduite peut avoir un effet sur les capacités de croissance d'une souche en modifiant l'exploitation du milieu par la vigne (surface foliaire, profondeur de l'enracinement). Ces éléments seront abordés dans la deuxième partie de ce document.

2 - LA CHARGE EN BOURGEONS PAR HECTARE

Cette charge dépend de la charge par souche et du nombre de souches à l'hectare. Si la charge par souche est fixée par les capacités de croissance, le nombre de souches à l'hectare est fixé par la densité de plantation. La densité de plantation n'est pas une grandeur absolue, puisqu'elle dépend de la géométrie de plantation, c'est-à-dire de la distance entre souches sur le rang **et** la distance entre rangs. Or ces deux paramètres du système de conduite n'ont pas du tout les mêmes effets sur le rendement.

La distance entre souches est dépendante de la charge optimale en bourgeons par souche et de la distance minimale entre bourgeon. Cette distance minimale détermine le nombre de bourgeons par m linéaire de palissage. **Ce paramètre est capital pour gérer le remplissage du palissage et contrôler l'entassement et le microclimat du feuillage et des grappes**. Ainsi cette distance minimale semble être

de l'ordre de la dizaine de cm entre rameau (Murisier et Zufferey, 1996 : 12 cm en Suisse soit 8.5 bourgeons/m linéaire, Intrieri et Filippetti., 2000 : 8 cm en Italie soit 12 bourgeons/m linéaire, Smart *et al.*, 1991). Il semble donc que la distance entre souches sur le rang doive être établie non arbitrairement, mais en fonction des capacités de croissance de chaque souche. Par exemple, dans une situation où la charge optimale est 10 bourgeons par souche, chaque souche devrait être distante d'un mètre. Intrieri et Filippetti (2000) parlent d'espacement optimal sur le rang et **considère le rendement par longueur de rang déterminant pour la qualité**. Augmenter le nombre de bourgeons par souche sans respecter la distance minimale entre rameau peut provoquer une diminution de la fertilité à cause de la diminution de vigueur individuelle des rameaux et du moins bon éclaircissement des bois lié à l'entassement.

Par conséquent **la distance entre rangs** est le paramètre du système de conduite qui permet de modifier le plus facilement la charge par hectare et ainsi le rendement par hectare en faisant varier le nombre de souches. Ainsi diminuer le nombre de rangs et par conséquent la densité de plantation est la façon la plus efficace de diminuer le rendement !!! Les exemples rapportés par Champagnol (1979) illustrent cette affirmation. **Si par souche les vignes à fort écartement entre rangs ont une production de bois et de raisin plus élevée, la production par hectare est plus faible. Attention nous ne parlons ici que de rendement, pas de qualité.**

Les résultats d'expérimentation de densité de plantation réalisés dans le Bordelais (Dumartin *et al.*, 1979) présentés ci-dessous confirment ces constats.

	Densités (cep/ha)	5000 2*1	10000 1*1
Poids des bois	g/souche	326	302
	kg/ha	1630	3020
	g/bourgeon	48.6	57
Charge en bourgeons	Par souche	6.71	5.30
	Par hectare	33 550	53 000
	Par m de palissage	6.7	5.3
Production	t/ha	7.85	13.3
	Kg/souche	1.57	1.33
	Kg/bourgeon	0.24	0.25
	Kg/m linéaire	1.57	1.33
Indice de Ravaz		4.8	4.4

Les données présentées ici montrent comment une diminution de la distance entre rangs (palissage vertical à 1.2 m au dessus du sol) a conduit à une augmentation du potentiel de production du vignoble, que ce soit en terme végétatif (poids des bois) qu'en terme reproducteur (poids de vendange). En terme agronomique, la productivité d'une culture est liée à l'interception de la lumière par le feuillage. L'augmentation de la densité de plantation entraîne en général une augmentation de la surface foliaire par hectare et donc améliore l'interception de la lumière.

Dans cet exemple précis, la charge en bourgeons par hectare a été réduite en même temps que la distance entre rang augmentait, ce qui explique en grande partie la baisse de rendement. Cette charge a été réduite afin de ne pas engendrer une trop forte augmentation de la charge par souche et par mètre linéaire de palissage. Même si la charge/ha avait été maintenue en conservant le même type de palissage, on

n'aurait certainement pas atteint un niveau de rendement équivalent en vertu des éléments rapportés précédemment sur la charge optimale par souche et par mètre linéaire de palissage. Pour augmenter la charge en bourgeons à faible densité de plantation, il faut adapter la conduite de manière à positionner les bourgeons toujours de manière optimale. Cela ne peut se faire qu'en doublant les plans de palissage (ex Scott-Henry, Lyre, GDC). L'élévation du palissage ne suffit pas car elle ne permet pas une meilleure disposition des bourgeons dans l'espace (dans les situations où l'espacement entre bourgeons est déjà au seuil). Les adaptations de la conduite à la densité de plantation doivent aussi permettre de maintenir un niveau d'interception élevé de la lumière (surface foliaire exposée élevée), pour maintenir le niveau de productivité.

II - LA LIAISON CONDUITE - AUTRES COMPOSANTES DU RENDEMENT

1 - FERTILITE DES BOURGEONS

En dehors du rang des bourgeons sur le bois de taille et donc du mode de taille, la fertilité peut être influencée par la conduite de plusieurs autres façons. On cite avant tout la vigueur et l'éclairement des bourgeons.

Il existe une **corrélation positive entre la vigueur et la fertilité des bourgeons** (Huglin, 1986). Ainsi les éléments de conduite qui entraînent une augmentation de vigueur peuvent conduire à une augmentation de rendement au cours des cycles suivants. L'éclaircissage peut jouer ce rôle. Cette relation entre vigueur et fertilité est probablement liée aux conditions d'alimentation carbonée. Ainsi il a été montré qu'un effeuillage après la floraison pouvait réduire la fertilité des bourgeons l'année suivante (Candolfi-Vasoncelos et Koblet, 1990). En matière de densité de plantation, il est souvent admis que la compétition entre souches est plus importante lorsque la densité est élevée, et s'accompagne d'une diminution de la vigueur et du rendement. Les exemples cités dans le paragraphe précédant ne permettent pas forcément de tirer cette conclusion. Dans l'exemple de Dumartin *et al.* (1979), même par rapport aux densités les plus faibles, la vigueur unitaire des sarments n'est pas réduite pour le traitement 10000 souches/ha, ce qui est un signe que la compétition n'est pas plus forte. Les autres paramètres de la conduite étant invariables, une augmentation de la densité de plantation entraîne une augmentation de l'indice foliaire, de la densité racinaire et un système racinaire plus plongeant (Archer et Strauss, 1990) qui conduisent à une meilleure exploitation du sol et pas forcément à une compétition plus forte dans la plupart des sols (Champagnol, 1979). Dans des sols très pauvres (notamment en l'eau), une forte densité peut par contre conduire à un épuisement précoce des réserves et engendrer des phénomènes de compétition.

La fertilité des bourgeons de vigne est liée à leur éclairement pendant la phase d'initiation florale au cours du cycle végétatif précédent (May et Antcliff, 1963). Cette initiation débute dans les bourgeons de la base des rameaux à peu près à la floraison et se poursuit au cours de la saison jusqu'à l'aoûtement. Si au moment de la floraison, les feuillages sont rarement entassés, les bourgeons de rang plus élevé peuvent très facilement recevoir un éclairement insuffisant en raison d'un feuillage entassé.

2 - TAUX DE NOUAISON

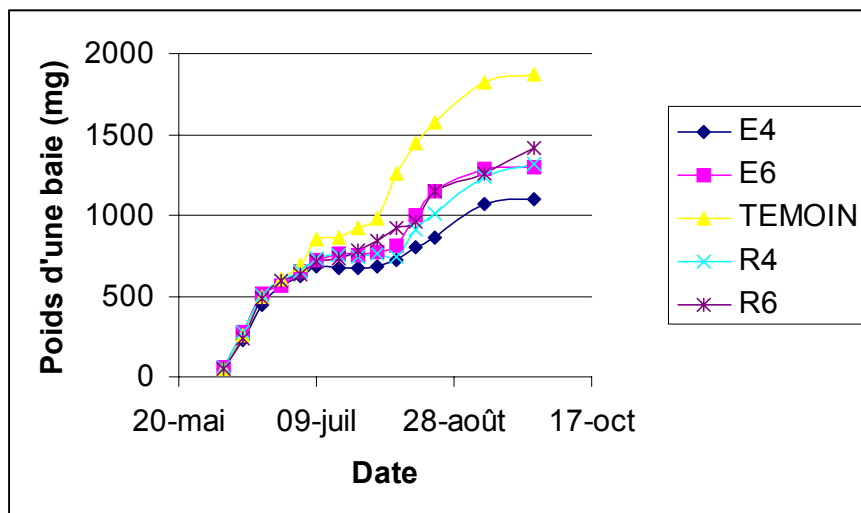
Le taux de nouaison peut être très variable en fonction des variétés et des conditions climatiques dans lesquelles se déroulent les périodes précédant la floraison et la floraison elle-même. Outre les phénomènes de biologie florale, les conditions d'alimentation des grappes en carbone et en azote paraissent déterminantes pour la nouaison. Une vitesse de croissance excessive des rameaux au moment de la floraison peut conduire à une diminution du taux de nouaison. Ainsi il a souvent été montré **qu'une suppression des apex en croissance à la floraison** (rognage léger) permettait d'améliorer le taux de nouaison (Vasconcelos et Castagnoli, 2000). La **présence de réserves dans le vieux bois** est également un facteur important de la nouaison. Une expérimentation menée en Suisse (Murisier et Spring, 1987) sur le cépage Chasselas a permis de montrer que l'élévation du tronc de 0.40 à 0.75 m a engendré une meilleure nouaison. Un tronc plus grand permet d'augmenter le volume de vieux bois qui pourrait constituer une source de glucides potentiellement utilisables au moment de la mise en place de la surface foliaire (feuilles plus grandes) et de la nouaison (meilleure nouaison). Des systèmes de conduite favorisant l'élaboration de structures pérennes (cordons, charpentés) peuvent permettre une amélioration de la nouaison. Enfin la nouaison est également très dépendante **des conditions d'éclairage dans lesquelles sont placées les inflorescences**. Ainsi les systèmes de conduite dont le feuillage est très entassé à la floraison et où les inflorescences sont situées à l'intérieur de la végétation sont défavorables à la nouaison. Les systèmes à palissage libre et port retombant en situation très fertile peuvent être concernés par ces problèmes (Lenz-Moser, Minimum Pruning).

3 - POIDS DES BAIES

Le poids final des baies à maturité est largement déterminé avant la véraison. En général, on considère que les baies voient leur poids doubler entre la véraison et la maturité. Les facteurs de la conduite qui peuvent influencer le poids des baies sont relatifs au microclimat des grappes (lumière et température) et des conditions de nutrition (carbone et eau principalement). **L'éclairage des grappes** est déterminant pour le grossissement des fruits et il existe une relation positive entre l'éclairage et la taille des baies, tant que la température induite par le rayonnement n'est pas trop élevée pour avoir l'effet inverse. Par exemple, il a été observé que la taille des baies de Cabernet Sauvignon augmente avec l'éclairage sur la face Nord du palissage alors qu'elle décroît sur la face Sud (Bergqvist *et al.*, 2001).

La taille des baies est également très liée à la quantité d'assimilats carbonés disponibles surtout après la nouaison. Une limitation sévère de la surface foliaire à la nouaison permet notamment de limiter la taille des baies comme le montrent les données présentées ci-dessous. Dans cette expérimentation réalisée à Bordeaux sur le cépage Cabernet Sauvignon, 4 limitations sévères de la surface foliaire (Effeuillement sévère à 4 ou 6 feuilles E4 et E6, Rognage sévère à 4 ou 6 feuilles R4 et R6) ont été mises en place à la nouaison, puis la croissance végétative a été de nouveau autorisée pour essayer d'obtenir une surface foliaire équivalente au témoin à la véraison. Mais seuls les traitements rognés ont pu récupérer et seul le traitement R6 a permis d'obtenir une teneur en sucres et en acides malique et tartrique équivalentes au témoin à la véraison (Ollat, données non publiées).

	Poids moyen d'une baie (mg) à maturité
R4	1251 b
R6	1339 b
E4	1103 b
E6	1350 b
T	1726 a



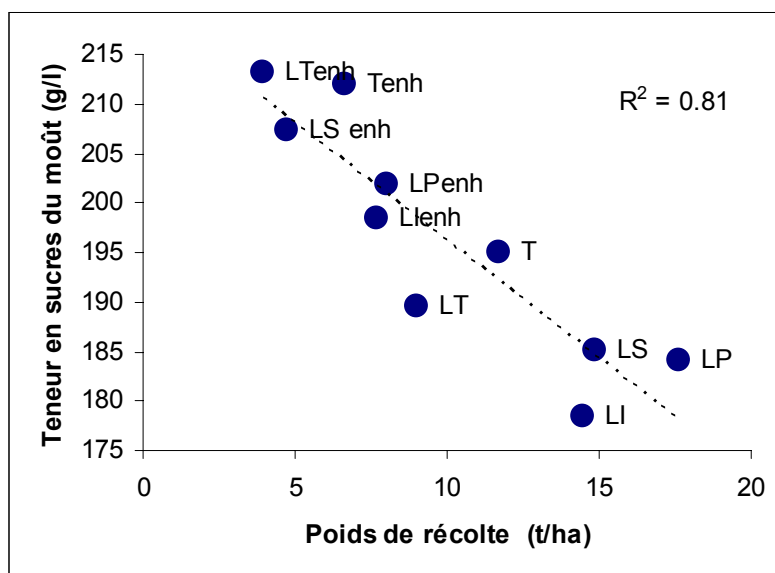
De plus les limitations sévères de surface foliaire sont souvent compensées par une mobilisation supplémentaire des réserves et l'effet sur la taille des baies est limité alors que l'effet sur la maturation est toujours marqué.

L'alimentation en eau est également un paramètre important de la taille des baies, puisque l'eau permet le grandissement des cellules et donc le gonflement des fruits. Les paramètres de la conduite qui influencent l'alimentation en eau sont principalement la surface foliaire et la longueur des charpentes. **Une surface foliaire importante et bien éclairée** a une demande évaporative très importante qui, d'une part, peut entrer en compétition avec l'alimentation en eau des baies (surtout avant la véraison) surtout si l'eau est limitante, et d'autre part conduire à un épuisement rapide de la réserve en eau du sol. Les deux situations ont pour conséquence de limiter le grossissement des baies, mais peut-être favorable à la maturation (arrêt de la croissance des rameaux). Enfin **l'allongement des charpentes** s'accompagne d'une diminution du diamètre des vaisseaux au travers desquels l'eau circule dans la plante (Zhang, 1987). Des systèmes de conduite avec des troncs hauts ou des cordons longs (> 1m) peuvent être sujets à des stress hydriques plus marqués qui limiteront le grossissement des baies (ex enherbement).

III - LES RELATIONS RENDEMENT-QUALITE

En France, l'ensemble des règlements au sujet des conditions de la production viticole est principalement basé sur la relation négative entre rendement et qualité et sur la maîtrise des rendements. Quelques exemples précis vont permettre de montrer que

l'existence d'une telle relation dépend grandement des facteurs de variation du rendement et que la qualité ou plus précisément le niveau de maturation est plus sous la dépendance des équilibres physiologiques et du microclimat que du rendement seul. La relation négative entre rendement et accumulation en sucres est typiquement illustrée sur la figure ci-dessous. L'effet de l'enherbement a été étudié pour 5 systèmes de conduite (Tandonnet *et al.*, 1996). Dans ce cas, les variations de teneur en sucres sont très bien corrélées aux variations de rendement.

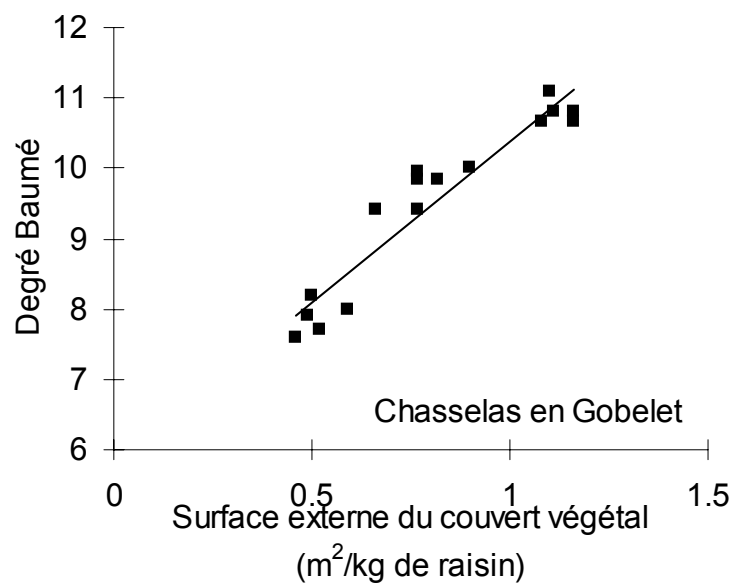


Par contre un exemple frappant où cette relation n'existe pas est celui de la densité de plantation. Dans l'étude menée par Dumartin *et al.* (1979) déjà citée précédemment, le rendement augmente avec la densité de plantation. Pourtant les paramètres de la maturation sont aussi plus élevés pour les densités les plus élevées. Ici le niveau de qualité augmente avec le rendement !!!.

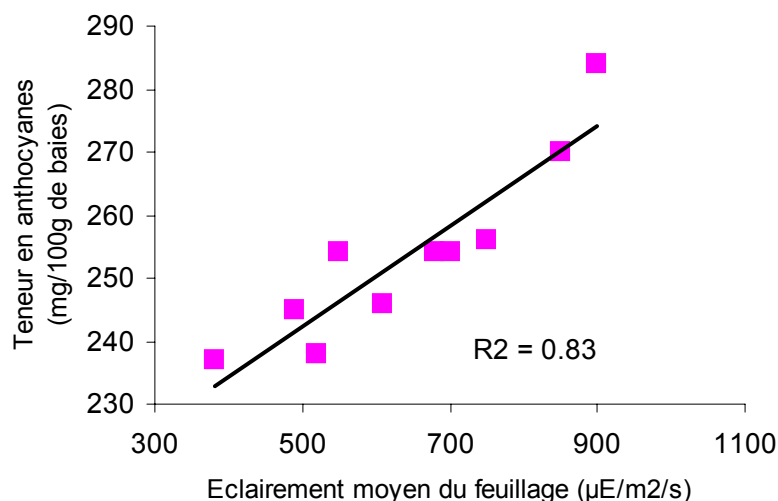
	Densités (cep/ha)	2500	5000	7500	10000
Poids des bois	g/souche	627	326	359	302
	kg/ha	1567	1630	2692	3020
Charge	Par souche	12.35	6.71	6.73	5.30
	Par hectare	30 875	33 550	50 475	53 000
	Par m de palissage	6.17	6.7	5.05	5.3
Production	(hl/ha)	61.9	60.4	88.8	102.1
Degré probable		10.9	11.10	11.10	11.3
Acidité totale	(g H ₂ SO ₄)	6.45	6.45	6.15	5.70
Anthocyanes	(mg/l)	890	970	1036	1120
Tanins	(g/l)	3.95	4.10	4.20	4.60

D'après ces données, l'augmentation de rendement s'accompagne d'une augmentation de la surface foliaire par hectare et d'une diminution de l'entassement du feuillage (moins de charge par m linéaire de palissage). Ces éléments sont particulièrement déterminants pour la maturation. D'autres exemples permettraient aussi de montrer que le niveau de maturation peut varier en augmentant la hauteur de feuillage sans que le rendement soit affecté, (Bourde *et al.*, 1997).

Il est aujourd'hui reconnu que le potentiel de maturation est relié plus étroitement aux équilibres physiologiques de la vigne qu'au niveau de rendement (Intrieri et Filippetti, 2000). Ces **équilibres physiologiques** sont décrits notamment par les rapports surface foliaire ou surface foliaire exposée / kg de raisin (figure ci-dessous, d'après Murisier, 1996), ou plus simplement par l'indice de Ravaz (Poids de récolte / poids des bois).



Il est également lié au **microclimat lumineux du feuillage**. Cette relation est particulièrement nette pour les composés phénoliques comme le montre la figure ci-dessous (Carbonneau, 1980).



Un élément important à considérer est également la **vigueur** et notamment **la date d'arrêt de croissance des rameaux** (Champagnol, 1979). Cet arrêt de croissance permet une meilleure redistribution des assimilats vers les grappes (pas forcément limitant), mais peut être également le signe d'une modification du métabolisme de la plante (ex arrêt de l'absorption d'azote : effet du rognage sur le maintien d'un état de croissance et la teneur en azote des moûts, Rosier, 1992).

Il paraît évident que le système de conduite en faisant varier ces paramètres a une influence déterminante sur la composition des raisins. Les modifications de la conduite visant à une diminution de rendement devront *in fine* jouer sur ces paramètres pour favoriser le potentiel de maturation.

CONCLUSIONS

Le rendement est étroitement lié au système de conduite. Le principal facteur de variation est la charge en bourgeons par hectare. Un nombre de souches élevé permet toujours une distribution plus facile et plus homogène des bourgeons dans le vignoble. Les fortes densités de plantation sont caractérisées par un potentiel de production élevé, notamment en raison d'une bonne interception de la lumière. Certaines adaptations de la conduite aux faibles densités de plantation permettent d'augmenter leur niveau de productivité. D'autres éléments de la conduite ont plus d'influence sur la fertilité des bourgeons, le taux de nouaison et le poids des baies. En matière de conduite, il n'existe pas de relation négative systématique entre rendement et teneur des raisins pour les principales composantes de la qualité, du moins dans la gamme des rendements moyens à faibles. Les équilibres physiologiques, le microclimat du feuillage et des grappes, la date de l'arrêt de croissance sont plus déterminants. Cependant peu d'études portent sur les composantes de la qualité tels que les précurseurs d'arômes. Pour ces éléments, le rendement *sensu stricto* est peut-être le premier déterminant de leur accumulation dans les raisins. Il faut enfin porter plus d'attention à la décomposition des composantes du rendement et à l'ensemble des paramètres physiologiques qui varient lors d'un changement de système de conduite.

Liste des références

Archer E., Strauss H.C., 1990. The effects of vine spacing on some physiological aspects of *Vitis vinifera* L. (cv. Pinot noir). S. Afr. J. Enol. Vitic. 11, 76-87.

Bergqvist J., Dokoozlian N., Esibuda N., 2001. Sunlight exposure and temperature effects on berry growth of Cabernet sauvignon and Grenache in the Central San Joaquin Valley of California. Am. J. Enol. Vitic., 52, 1-7.

Bourde L., Bagard A., Salva G., Raoulx-Pantalacci N., Vallee D., Lavergne C., Serpentine M-J., Albertini M., 1997. Influence de la hauteur de palissage et de la surface foliaire exposée sur la production et la qualité des vins rouges. Revue Française d'œnologie. 167, 26-35.

Carbonneau A., 1980. Recherches sur les systèmes de conduite de la vigne : essai de maîtrise du microclimat et de la plante entière pour produire économiquement du raisin de qualité. Thèse Université de Bordeaux II. 235 p.

Candolfi-Vasconcelos M.C., Koblet W., 1990. Yield, fruit quality, bud fertility and starch reserves of the wood as a function of leaf removal in *Vitis vinifera*. Evidence of compensation and stress recovering. Vitis, 29, 199-221.

Champagnol F., 1979. La densité de plantation en viticulture. PAV, 9, 185-195.

Champagnol F., 1984. Eléments de physiologie de la vigne et de viticulture générale, Ed. Dehan, Montpellier, 371p.

CIVB, 1995. Les aventuriers de la vigueur maîtrisée. Cahiers Techniques du CIVB, déc.

Dumartin P., Boniface J.C., Ducasse M., Barrère Ch., Cordeau J., Pradier L., 1979. Essais de densité de plantation en Médoc. Vignes et Vins, 278, 41-46.

Dumartin P., Boniface J.C., Ducasse M., Barrère Ch., Cordeau J., Pradier L., 1982. Essais de densité de plantation en Médoc. Vignes et Vins, 312, 3-6.

Huglin P., 1986. Biologie et écologie de la Vigne. Ed. Payot Lausanne.

Intrieri C., Filippetti I., 2000. Planting density and physiological balance. Comparing approaches to European viticulture in the 21th century. Proceedings of the ASEV 50th anniversary. Seattle, Washington.

Jackson D.I., Lombard P.B., 1993. Environmental and management practices affecting grape composition and wine quality-A review. Am. J. Enol. Vitic. 44, 409-431

Jeager H., 1998. Taille courte, taille longue : le Guyot n'a pas dit son dernier mot. La Vigne, Octobre 1988, 40-41.

May P., Antcliff A.J., 1963. The effect of shading on fruitfulness and yield of Sultana. J. Hort. Sci. 38, 85-94.

Murisier F., 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 Ecole Polytechnique Fédérale de Zurich. 132p.

Murisier F. Feretti M., 1996. Densité de plantation sur le rang : effets sur le rendement et la qualité du raisin. Revue suisse Arboric. Vitic. 28, 293-300.

- Murisier F. et Zufferey V.**, 1996. Optimisation de la charge en rameaux de la vigne: essai sur Chasselas. *Revue Suisse Vitic. Arboric.Hortic.*, 28, 131-137.
- Murisier F., Spring J-L**, 1987. Influence de la hauteur du tronc et de la densité de plantation sur le comportement de la vigne. *CR Symposium sur le physiologie de la Vigne*, Bordeaux. 412-416.
- Payan J.J., Sanchez G., Vendran H.**, 1991. Recherche d'un équilibre rendement-qualité par la charge à la taille sur Gamay, Grenache et Syrah. *Riv. Vitic. Enol.*, 4, 309-312.
- Rosier J-P.**, 1992. Interprétation des caractères analytiques et sensoriels de vins blancs de la région des graves en fonction de certains facteurs culturels de la vigne. Thèse Université de Bordeaux II. 255 p.
- Smart R.E., Robinson M.**, 1991. *Sunlight into Wine*. Winetitles, Adelaide, 88 p.
- Tandonnet J-P, Samie B., Ollat N.**, 1996. Etude des interactions entre trois systèmes de conduite et le mode d'entretien du sol. *CR GESCO n°9*, 61-68
- Vasconcelos M.C, Castagnoli S.**, 2000. Leaf canopy structure and vine performance. *Am. J. Enol. Vitic.*, 51, 390-396.
- Zhang D.**, 1987. Conséquences physiologiques de la taille de la vigne : structure conductrice du vieux bois, autorégulation de la croissance et régime hydrique selon divers types de taille mécanisables. Thèse Université de Bordeaux II. 261 p.