

INCIDENCE AU VIGNOBLE DES CONDITIONS DE MATURATION SUR L'ÉLABORATION DU RENDEMENT AU COURS DE LA SAISON SUIVANTE

EFFECTS OF THE RIPENING CONDITIONS IN THE VINEYARD ON GROWTH AND YIELD COMPONENTS IN THE FOLLOWING SEASON

E. DUCHÊNE^{1*}, C. MONAMY², F. LANGELLIER³, N. JAEGLI¹,
R. SALBER¹, D. MELUC², L. PANIGAI³

1 : Institut National de la Recherche Agronomique, Unité Mixte de Recherche Vigne et Vins d'Alsace, 28, rue de Herrlisheim, B.P. 507, 68021 Colmar, France

2 : Bureau Interprofessionnel des Vins de Bourgogne, 16, rue du 16^e chasseurs, B.P. 150, 21204 Beaune, France

3 : Comité Interprofessionnel du Vin de Champagne, 5 rue Henri-Martin, B.P. 135, 51204 Épernay cedex, France

Abstract : In order to assess the effects of reserves level on yield components in the following season, two leaf/fruit ratio were created on three trials in 2000 in the vineyard in Alsace, Burgundy and Champagne for different varieties. Significant differences did not exist for all the situations but could affect the leaf area as well as the potential photosynthetic activity in the following season. Hedging weights were sometimes reduced up to 30%. Yield components such as the number of primary shoots, the number of inflorescences per plant and the number of flowers per inflorescence could be affected in 2001. Analysis of the effects of growth on fruit set showed that whereas the number of berries per shoot appeared related to the leaf area on the main stem, the growth of laterals, also enhanced by good ripening conditions during the previous season, could be detrimental to seed formation. Yield reduction reached 30 % for Gewurztraminer but could also be observed on Chardonnay or Pinot noir.

Résumé : Les paramètres de la croissance et les composantes du rendement ont été mesurés dans trois sites d'essais pour plusieurs cépages suite à des manipulations du rapport feuille/fruit au cours de la saison précédente. Les réponses sont variables selon les situations. Là où elles sont significatives, un rapport feuille/fruit défavorable se traduit par une réduction de la surface foliaire mais également du potentiel d'activité photosynthétique au cours du printemps suivant. Les poids de rognage peuvent ainsi être réduits de 30 %. Les composantes du rendement peuvent également être affectées et des pertes de rendement jusqu'à 30 % ont été observées.

Mots clés : *Vitis vinifera*, réserves, croissance, composantes du rendement

Key words : *Vitis vinifera*, reserves, growth, yield components

INTRODUCTION

Le niveau de rendement, déterminant majeur de la qualité des raisins, reste une variable mal contrôlée dont la gestion est une préoccupation récurrente du monde viticole. L'objectif des viticulteurs est d'obtenir un rendement non seulement compatible avec le niveau de qualité recherché, mais aussi le plus régulier possible.

Ce niveau de rendement est en grande partie dépendant du nombre de fleurs mais aussi du taux de réussite de la transformation des fleurs en baies, à savoir le taux de nouaison (DUCHÊNE *et al.*, 2001). Des variétés telles que le Gewurztraminer ou le Muscat Ottonel

ont parfois des taux de nouaison très faibles, voire nuls (HUGLIN et SCHNEIDER, 1998). Une des hypothèses émises pour expliquer ces situations de coulure est la faible disponibilité en assimilats au niveau des inflorescences pendant la période floraison-nouaison (COOMBE, 1962 ; KOBLET, 1966).

Nous avons cherché à évaluer dans quelle mesure le niveau de disponibilité en sucres dans la plante pendant la phase débourrement-nouaison, lié aux réserves hivernales, pouvait contribuer à expliquer les composantes du rendement et en particulier des situations de faible nouaison pour du Gewurztraminer. Des expérimentations en conditions contrôlées (DUCHÊNE

et al., 2003) ont permis de montrer que des conditions de maturation difficiles au cours d'une année n conduisent l'année suivante n+1 à une forte réduction de la croissance mais aussi à une diminution du nombre de fleurs, pénalisant fortement le poids de raisins par souche. Le Gewurztraminer s'est révélé dans ces résultats plus sensible sur la variable « nombre de fleurs » que le Pinot noir mais moins réactif sur les paramètres de la croissance végétative. Les taux de nouaison sont par contre restés inchangés entre les traitements.

Afin de mieux appréhender la portée de ces résultats, des expérimentations basées sur le même principe ont été conduites en parallèle au vignoble. L'objectif général était (i) d'évaluer les effets d'une disponibilité en réserves hivernales réduite sur l'élaboration du rendement, en particulier sur le taux de nouaison, (ii) de caractériser des comportements variétaux.

Cet article présente, pour des contextes viticoles différents, l'Alsace, la Bourgogne et la Champagne et plusieurs cépages, l'effet de conditions de maturation difficiles sur l'élaboration du rendement au cours de la saison suivante.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

I. FACTEURS ETUDIÉS ET DISPOSITIFS

Des données bibliographiques montrent que des modifications du rapport feuille/fruit au cours de la maturation des raisins sont susceptibles d'induire des niveaux de réserves différents (CANDOLFI-VASCONCELOS et KOBLET, 1990 ; CANDOLFI-VASCONCELOS *et al.*, 1994 ; MURISIER et AERNY, 1994 ; KOBLET *et al.*, 1997 ; BENNETT *et al.*, 2002).

Afin d'obtenir de tels effets, les opérations suivantes ont été appliquées au cours de la véraison :

R+ (Réserves favorables) : 1 seule grappe a été conservée par rameau de même que toutes les feuilles,

R- (Réserves défavorables) : toutes les grappes ont été conservées, 50 % des feuilles ainsi que les entre-cœurs ont été supprimés.

Ces opérations ont été appliquées sur au moins 36 souches par modalité pour un cépage donné.

Plusieurs dispositifs ont été utilisés, ils sont présentés dans le tableau I. Le Chardonnay et le Pinot noir sont présents dans les trois régions Alsace, Bourgogne et Champagne. Le Gewurztraminer, connu pour sa sensibilité à la coulure (HUGLIN et SCHNEIDER, 1998), a été suivi en plus en Alsace. Ces essais ont été conduits en Alsace par l'Institut National de la Recherche Agronomique (INRA), en Bourgogne par le Bureau Interprofessionnel des Vins de Bourgogne (BIVB), en Champagne par le Comité Interprofessionnel du Vin de Champagne (CIVC).

Une comparaison rigoureuse entre variétés n'est possible que sur le site d'Épernay.

II - OBSERVATIONS ET MESURES

Le même protocole a été mis en oeuvre sur tous les dispositifs sauf précision contraire. Les résultats ne seront cependant pas présentés de manière exhaustive.

Au cours de l'automne 2000, un suivi de maturation (indice de réfraction, acidité de titration) a été réalisé en Alsace.

Le poids, les teneurs en matière sèche, en sucres et en acides aminés des sarments ont été déterminés après la taille. Les méthodes d'analyses sont détaillées par ailleurs (DUCHÊNE *et al.*, 2003).

Le nombre de feuilles déployées a été compté régulièrement sur des rameaux identifiés. Le stade de floraison de toutes les inflorescences du même rameau a été noté en % de fleurs au cours de la floraison.

Après la sortie des inflorescences ont été dénombrés par souche : le nombre d'yeux francs laissés à la taille, le nombre de rameaux primaires, le nombre de rameaux issus de bourgeons secondaires des yeux

Tableau I - Caractéristiques des dispositifs

Characteristics of the trials

Région	Commune	Cépage	Porte-greffe	Année de plantation
Alsace	Wintzenheim (68)	Chardonnay clone 76	3309 C	1985
	Bergheim (68)	Pinot noir clone 162	SO4	1978
	Wintzenheim (68)	Gewurztraminer clone 47	3309 C	1979
Bourgogne	Mont-Battois (21)	Chardonnay clone 131	SO4	1990
		Pinot noir clone 115	SO4	1984
Champagne	Épernay (51)	Chardonnay clone 96	41 B	1996
		Pinot noir clone 386	41 B	1996

francs, le nombre de gourmands ainsi que le nombre d'inflorescences correspondant à chaque type de rameau.

Afin de caractériser la capacité de croissance sur chaque parcelle, nous avons d'une part évalué la biomasse moyenne par rameau au début de la floraison et au moment de la nouaison, d'autre part effectué des pesées de rognage.

Pour cela, avant la floraison, environ 30 rameaux (non rognés) par modalité ont été regroupés selon des répétitions prévues (3 ou 4 selon les essais).

Une fois ces rameaux au laboratoire, tiges, feuilles et grappes ont été séparées et pesées. Pour chaque rameau, la feuille en face de la première grappe a été photocopiée. La surface de cette feuille a ensuite été estimée à l'aide du logiciel d'analyse d'image Optimas 6.11.

Un sous-échantillon de chaque type d'organe par répétition (environ 200 g de poids frais) a été prélevé, pesé et étuvé 48 heures à 80 °C pour déterminer sa teneur en matière sèche puis sa teneur en azote.

Au moment des comptages de baies, des rameaux ont été prélevés pour les mêmes mesures que pour les prélèvements du début floraison. De plus, en Alsace, les feuilles des entrecoeurs ont été pesées indépendamment des feuilles du rameau principal. Sur ces feuilles d'entrecoeurs ainsi que sur les feuilles principales, environ 30 échantillons de 28 mm de diamètre ont été prélevés à l'aide d'un emporte-pièce. Le poids de ces échantillons, représentant une surface connue, a permis pour les entrecoeurs comme pour les feuilles principales de connaître leur masse surfacique (g/m² de poids frais) et, connaissant la masse totale, de calculer la surface foliaire correspondante.

Avant les rognages mécaniques, toutes les souches des sous-parcelles ont été rognées à la main et le poids frais noté.

Pour déterminer le nombre de baies par grappe et le nombre de pépins par baie, les grappes de rameaux identifiés au préalable ont été ramenées au laboratoire environ un mois après le début de la floraison. Pour chaque grappe, le nombre de baies susceptibles de vérer (d'un diamètre supérieur à 3 mm) ainsi que leur poids a été enregistré. Le nombre de pépins a été compté pour un échantillon d'au moins 50 baies par grappe.

Le nombre de fleurs a été déterminé selon deux méthodologies différentes.

En Alsace, les inflorescences avaient été emballées dans des poches en tulle avant le début de la floraison. Au moment de la nouaison, le nombre de fleurs par inflorescence a été obtenu en additionnant au nombre de baies le nombre d'organes desséchés présents dans la poche.

En Bourgogne et en Champagne, le nombre de fleurs a été calculé à partir de comptages de boutons floraux sur des photographies (DUCHÊNE *et al.*, 2001 ; SCHNEIDER, 1992). Les grappes correspondant aux inflorescences photographiées avant floraison ont ensuite été prélevées à la nouaison.

Les analyses de variance et de covariance ont été effectuées avec le logiciel SAS 6.12 (proc glm) sous Unix.

RÉSULTATS

I - MATURATION A LA FIN DE LA SAISON 2000

En Alsace, six semaines environ après la mise en oeuvre des traitements, les différences entre R+ et R- sur la composition des raisins sont significatives pour le Chardonnay et le Gewurztraminer (tableau II). Comme attendu, les raisins dans la modalité R+ sont plus riches en sucre (environ 30 g/l). Ils sont également moins acides.

Tableau II - Suivi de maturation en Alsace à la fin de la saison 2000

Fruit composition in Alsace at the end of year 2000

Cépage	Date	Degré alcoolique probable (% v/v)		Acidité de titration (éq. g H ₂ SO ₄ /l)	
		R-	R+	R-	R+
Chardonnay	30/08/00	9,0 b (1)	10,1 a	7,8	7,6
	12/09/00	9,9 b	11,8 a	7,0 a	6,7 b
Gewurztraminer	30/08/00	9,3 b	10,5 a	6,5 a	5,9 b
	12/09/00	10,9 b	12,6 a	5,6 a	4,9 b
Pinot noir	30/08/00	9,7 b	10,2 a	6,8	7,0
	12/09/00	11,9	11,9	6,3	6,8

(1) des lettres différentes indiquent que la différence R+/R- pour une variété est différente au seuil $p \leq 0,05$.

Pour le Pinot noir, les différences entre traitements, significatives le 30/8, s'estompent ensuite.

II - BOIS DE TAILLE

Les valeurs de poids de bois de taille ne sont pas toujours comparables entre les traitements R+ et R- car les entrecoeurs (pousses latérales) ont été supprimés dans le traitement R- à la véraison. Elles ne sont pas présentées ici. Les teneurs en matière sèche des sarments sont souvent plus élevées dans le traitement R+ et cette différence est significative si l'on tient compte de l'ensemble des données ($p=0,0005$). Cette constatation se vérifie pour le teneur en sucres totaux ($p=0,008$) mais pas pour la teneur en acides aminés ($p=0,20$) (tableau III). Les interactions entre les facteurs « région », « variété » et « niveau de réserves » sont cependant très fortes. Bien que les mesures des teneurs en sucres totaux des sarments soient assez précises, avec des coefficients de variations inférieurs à 10 % dans la plupart des situations, dans une seule comparaison R+/R-, pour le Pinot noir en Champagne, apparaît une différence significative en faveur du traitement R+.

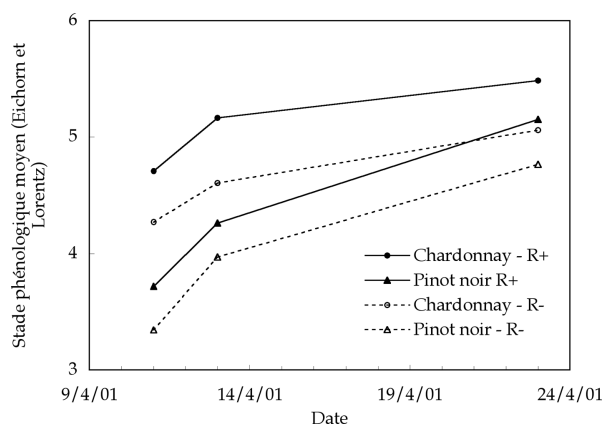


Fig. 1 - Cinétiques de débourrement en Champagne en 2001

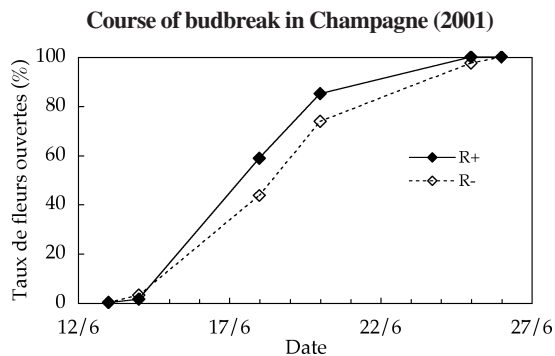


Fig. 2 - Cinétique de floraison du Gewurztraminer en Alsace (inflorescence basale)

Course of flowering for the Gewurztraminer in Alsace (basal inflorescence)

Les particularités régionales sont assez marquées. La situation champenoise se caractérise par des teneurs en sucres des sarments faibles à l'opposé de la situation bourguignonne. L'Alsace est dans une situation intermédiaire pour la teneur en sucres totaux mais présente des teneurs en acides aminés très élevées, de l'ordre du double des valeurs bourguignonnes.

III - STADES DE DEVELOPPEMENT

Dans quatre situations sur sept, le débourrement et la floraison ont été légèrement en retard pour la modalité R-.

La figure 1 en représente une illustration pour le débourrement en Champagne, la figure 2 pour la floraison en Alsace.

Aucun écart sur le rythme d'émission des feuilles n'a été observé (données non présentées).

IV - CROISSANCE

Le tableau IV récapitule les données de biomasses par rameau obtenues avant la floraison. Les écarts R+/R- ne sont significatifs que pour les parcelles en Champagne, ils vont cependant dans le même sens en Alsace et la réduction pour l'ensemble des données, de l'ordre de 17 %, est significative ($p=0,001$).

Le tableau V montre que dans un certain nombre de cas on peut mettre en évidence une différence de surface sur la feuille en face de l'inflorescence basale. De plus, les indices de chlorophylles, donnant une indication du potentiel d'activité photosynthétique, sont significativement supérieurs pour la modalité R+ dans quatre cas sur sept. La figure 3 en donne une illustration en Champagne.

En Alsace (tableau IV), la teneur en azote des feuilles est significativement plus faible à la floraison dans le traitement R- pour le Chardonnay. Pour le Gewurztraminer, la croissance en masse des feuilles semble davantage pénalisée que l'assimilation d'azote ce qui expliquerait que la teneur en azote des feuilles soit supérieure dans le traitement R-.

Une analyse plus détaillée des rameaux au moment de la nouaison en Alsace met en évidence des écarts significatifs sur les parties végétatives (tableau VI). Celles-ci sont 20 à 40 % plus lourdes dans les traitements R+. Cette augmentation est beaucoup plus sensible sur les limbes des entrecoeurs que sur les limbes des feuilles du rameau principal. Leur contribution au poids frais total du rameau passe d'une moyenne de 14,5 % pour R- à 19,2 % pour R+ ($p<0,001$).

Les surfaces foliaires calculées sont significativement plus élevées pour le rameau principal du

Tableau III - Caractéristiques du bois de taille (hiver 2000/2001)**Characteristics of the pruning wood (2000/2001 winter)**

Région	Parcelle	Modalité	Teneur en matière sèche (%)	Teneur en sucres (équivalent glucose en mg/g)	Teneur en acides aminés (équivalent alanine en mg/g)
Alsace	Chardonnay	R-	50,1 b(1)	107,4	0,26
		R+	51,9 a	108,7	0,25
	Gewurztraminer	R-	52,7	108,3	0,23
		R+	52,7	110,8	0,24
	Pinot noir	R-	53,9 b	98,1	0,30
		R+	55,2 a	97,2	0,35
Bourgogne	Chardonnay	R-	51,6 b	109,6	0,13
		R+	59,3 a	117,2	0,13
	Pinot noir	R-	51,6	107,0	0,11
		R+	57,8	120,2	0,12
		R-	46,8	80,5	0,15
Champagne	Chardonnay	R+	48,5	73,0	0,21
		R-	46,0	69,6 b	0,18
	Pinot noir	R+	48,0	97,6 a	0,14

(1) des lettres différentes indiquent que la différence R+/R- pour une variété est différente au seuil $p \leq 0,05$.**Tableau IV - Biomasses par rameau avant la floraison****Shoot biomass before flowering**

Région	Parcelle	Modalité	Biomasse par rameau (g poids sec)	Biomasse par rameau (g poids frais)	Teneur en azote des feuilles (g/kg MS)
Alsace	Chardonnay	R-	12,3	55,3	30,3 b(1)
		R+	13,2	61,4	33,2 a
	Gewurztraminer	R-	9,8	45,5	29,8 a
		R+	13,1	62,4	28,7 b
	Pinot noir	R-	17,2	88,8	35,5
		R+	23,2	117,7	39,3
Bourgogne	Chardonnay	R-	11,8	58,5	41,0
		R+	13,1	63,5	40,8
	Pinot noir	R-	11,3	57,7	43,6
		R+	11,0	56,8	43,8
		R-	-	52,0 b	-
Champagne	Chardonnay	R+	-	73,3 a	-
		R-	-	40,8 b	-
	Pinot noir	R+	-	51,2 a	-

(1) des lettres différentes indiquent que la différence R+/R- pour une variété est différente au seuil $p \leq 0,05$.

Chardonnay et les entrecoeurs du Gewurztraminer (tableau VI). Le bilan est une augmentation significative de surface foliaire totale par rameau de l'ordre de 30 % pour le Chardonnay et de 20 % pour le Gewurztraminer. L'augmentation de 20 % pour le Pinot noir n'est pas significative au seuil de 5 %.

La contribution des entrecoeurs dans la surface foliaire totale passe de 27 à 36 % pour le Chardonnay, de 35 à 40 % pour le Gewurztraminer, de 37 à 45 % pour le Pinot noir entre les modalités R- et R+.

Les poids de rognage permettent une évaluation de la capacité de croissance intégrant la surface foliaire et son activité. La figure 4 montre que la « vigueur » peut être réduite de manière significative, de l'ordre de 30 %, dans la modalité R-. Les valeurs absolues, fortement dépendantes du système de conduite, ne sont pas présentées.

V - ARCHITECTURE DU PEUPELEMENT

Dans deux situations les conditions de maturation de 2000 ont eu un effet significatif sur l'architecture du

Tableau V - Surface de la feuille en face de l'inflorescence basale à l'époque de la floraison
Leaf area of the leaf opposite to the basal inflorescence at flowering time

Région	Parcelle	Modalité	Surface de la feuille (cm ²)
Alsace	Chardonnay	R-	121,9 b(1)
		R+	136,0 a
	Gewurztraminer	R-	70,3
		R+	78,8
	Pinot noir	R-	150,3
		R+	170,2
Bourgogne	Chardonnay	R-	108,4
		R+	111,8
	Pinot noir	R-	120,3
		R+	115,3
Champagne	Chardonnay	R-	141,0 b
		R+	172,0 a
	Pinot noir	R-	158,2 b
		R+	178,7 a

(1) des lettres différentes indiquent que la différence R+/R- pour une variété est différente au seuil $p \leq 0,05$.

Tableau VI - Biomasses et de surfaces foliaires par rameau à la nouaison en Alsace
Biomass and leaf areas per shoot at fruit set in Alsace

Variable	Effet « Réserves »	Chardonnay		Gewurztraminer		Pinot noir	
		R-	R+	R-	R+	R-	R+
Poids frais total du rameau hors grappes (g)	***(1)	99,4 b(2)	139,0 a	103,4	126,5	149,3 b	194,3 a
Poids frais des limbes du rameau principal (g)	***	34,7 b	40,1 a	31,4	35,0	41,1	44,6
Poids frais des limbes d'entrecoeurs (g)	***	9,8	18,2	11,7 b	16,6 a	18,7	28,2
Surface foliaire du rameau principal (cm ²)	**	1754 b	2031 a	1305	1461	1631	1728
Surface foliaire des entrecoeurs (cm ²)	**	646	1162	693 b	973 a	969	1435
Surface foliaire totale (cm ²)	**	2400 b	3193 a	1997 b	2434 a	2600	3163

(1) NS : non significatif. *, **, *** : significatif à $p \leq 0,05$, $p \leq 0,01$, $p \leq 0,001$ respectivement.

(2) des lettres différentes indiquent que la différence R+/R- pour une variété est différente au seuil $p \leq 0,05$.

peuplement en 2001. Ainsi on note un déficit de 1,8 rameaux primaires par souche pour R- ($p=0,02$) sur le Gewurztraminer en Alsace pour un nombre équivalent de bourgeons laissés à la taille. Ceci a pour conséquence, associé à une légère baisse de fertilité des rameaux ($p=0,06$), une réduction de 17 % du nombre d'inflorescences primaires par souche ($p=0,001$). De même, sur le Chardonnay en Champagne, le débourrement a été un peu moins bon sur la modalité R- ($p=0,01$) sans que l'on puisse mettre en évidence un effet significatif sur le nombre de rameaux primaires par souche ($p=0,20$). Cependant, en intégrant le fait qu'il y a un peu plus de rameaux secondaires dans la modalité R+ et que ceux-ci y sont plus fertiles, le nombre total d'inflorescences par souche est plus faible de 14 % dans la modalité R- ($p=0,03$).

Sur le Pinot noir en Champagne, la fertilité des rameaux primaires est significativement plus faible

dans la modalité R- ($p=0,02$) et, malgré une fertilité plus élevée des rameaux secondaires ($p=0,02$), le déficit total d'inflorescences par souche ne parvient pas à être compensé.

Une analyse de la variance sur l'ensemble des situations montre que la réduction du nombre total d'inflorescences par souche dans la modalité R- est globalement significative ($p=0,01$) sans qu'il n'y ait d'interactions (figure 5).

VI - NOUAISON

Le nombre de fleurs par inflorescence ainsi que le nombre de baies par grappe ont été réduits dans la modalité R- de manière significative seulement dans le cas du Chardonnay en Alsace (tableau VII). Bien que cette observation tende à se vérifier pour d'autres situations, elle n'apparaît pas statistiquement significative sur l'ensemble.

Tableau VII - Nouaison à l'échelle de la grappe
Fruit set at the inflorescence level

Région	Parcelle	Modalité	Nombre de fleurs par inflorescence	Nombre de baies par grappe	Taux de nouaison (%)
Alsace	Chardonnay	R-	202,0 b(1)	106,7 b	54,8 b
		R+	226,0 a	129,7 a	59,9 a
	Gewurztraminer	R-	118,9	82,2	73,0 a
		R+	132,0	82,9	66,6 b
	Pinot noir	R-	305,8	132,1	48,0 b
		R+	288,6	140,1	55,5 a
Bourgogne	Chardonnay	R-	188,0	117,0	66,8
		R+	162,7	101,1	64,1
	Pinot noir	R-	162,6	110,4	73,5
		R+	172,4	132,7	76,8
Champagne	Chardonnay	R-	259,4	166,0	65,7
		R+	287,5	174,3	62,3
	Pinot noir	R-	291,7	183,2	63,7 a
		R+	314,0	178,7	57,2 b

(1) des lettres différentes indiquent que la différence R+/R- pour une variété est différente au seuil $p \leq 0,05$.

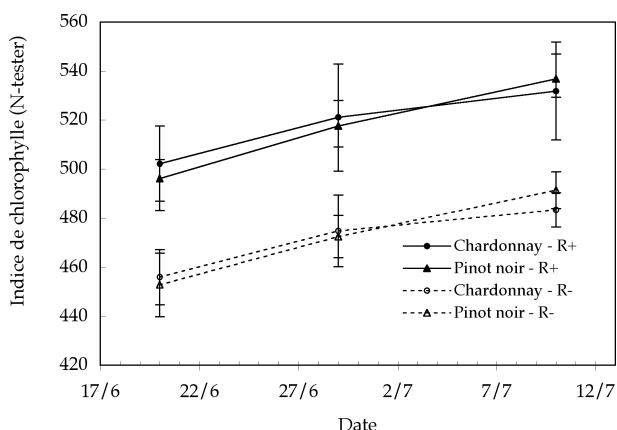


Fig. 3 - Valeurs « N-tester » sur la feuille en face de l'inflorescence basale en Champagne.

Les barres représentent des intervalles de confiance à $p = 0,05$.

N-tester values for the leaf opposite to the basal inflorescence in Champagne.

Bars represent confidence intervals at $p = 0.05$.

On ne peut en première analyse mettre en évidence d'effet cohérent sur le taux de nouaison. Celui-ci est significativement plus élevé pour la modalité R+ pour le Chardonnay et le Pinot noir en Alsace mais il est significativement plus faible pour la même modalité dans le Pinot noir en Champagne et le Gewurztraminer en Alsace (tableau VII).

La situation Alsacienne se caractérise par un nombre très élevé de baies sans pépins. Le phénomène de millerandage a été particulièrement net sur le Pinot noir où seules 57 % des baies comptabilisées (d'un diamètre supérieur à 3 mm à la nouaison) avaient au moins pépin

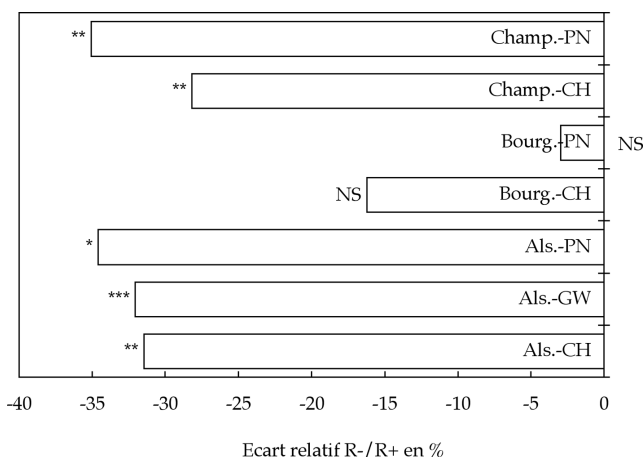


Fig. 4 - Réduction du poids frais total de rognage par souche dans la modalité R-.

Als = Alsace; Bourg = Bourgogne; Champ = Champagne; CH = Chardonnay; GW = Gewurztraminer. PN = Pinot noir. NS : non significatif. *, **, *** : significatif aux seuils $p = 0,05, 0,01, 0,001$ respectivement.

Reduction of the hedging weight per plant in the R- treatment.

Als = Alsace; Bourg = Bourgogne; Champ = Champagne; CH = Chardonnay; GW = Gewurztraminer. PN = Pinot noir. NS : non significatif. *, **, *** : significant at $p = 0.05, 0.01, 0.001$ respectively.

dans le traitement R-. Le Gewurztraminer a par contre été peu affecté.

Le tableau VIII montre que si l'on ne tient compte que des baies à pépin, le taux de nouaison est meilleur pour le traitement R- pour le Chardonnay et le Pinot noir, comme cela a été observé en Champagne.

Tableau VIII - Nouaison en Alsace, à l'échelle de la grappe, en ne prenant en compte que les baies à pépins

Fruit set in Alsace at the inflorescence level with seeded berries only

Parcelle	Modalité	Nombre de baies à pépin par grappe	Taux de nouaison (%)	Fraction de baies à pépin (%)
Chardonnay	R-	86,7	43,9 a(1)	81,4 a
	R+	81,7	37,6 b	66,4 b
Gewurztraminer	R-	74,2	67,1	91,1
	R+	74,4	60,3	88,3
Pinot noir	R-	74,7 a	25,2 a	56,8 a

(1) des lettres différentes indiquent que la différence R+/R- pour une variété est différente au seuil $p \leq 0,05$.

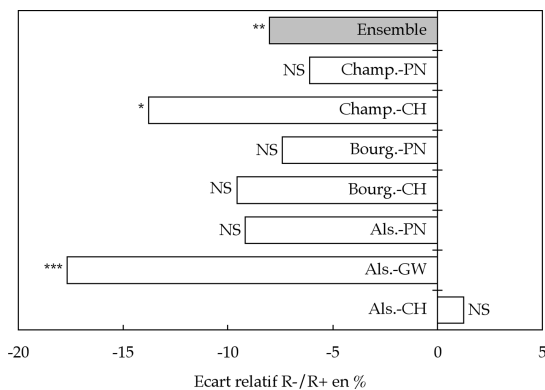


Fig. 5 - Déficit du nombre total d'inflorescences par souche dans la modalité R-.

Als = Alsace; Bourg = Bourgogne; Champ = Champagne; CH = Chardonnay; GW = Gewurztraminer. PN = Pinot noir. NS : non significatif. *, **, *** : significatif aux seuils $p = 0,05, 0,01, 0,001$ respectivement.

Reduction of the number of inflorescences per plant in the R- treatment.

Als = Alsace; Bourg = Bourgogne; Champ = Champagne; CH = Chardonnay; GW = Gewurztraminer. PN = Pinot noir. NS : non significatif. *, **, *** : significatif à $p = 0,05, 0,01, 0,001$ respectivement.

Il a souvent été relevé dans la bibliographie que le taux de nouaison avait tendance à décroître lorsque le nombre de fleurs augmente (HUGLIN et SCHNEIDER, 1998; VASCONCELOS et CASTAGNOLI, 2000). On pourrait donc faire l'hypothèse que le meilleur taux de nouaison observé sur le traitement R- sur le Pinot noir en Champagne est une conséquence du nombre de fleurs par inflorescence plus faible. Nous avons analysé les données à l'aide d'une analyse de covariance en écrivant le modèle suivant pour un cépage et une région donnés :

$$NBG = \mu + k * NFI + \alpha_i + \epsilon_{ij}$$

Où NBG est le nombre de baies par grappe, μ la moyenne, k une constante, NFI le nombre de fleurs par inflorescence, α_i l'effet du facteur « Réserves » (à deux niveaux R+ et R-) et ϵ_{ij} l'erreur résiduelle (fonction du niveau de réserves i et de la grappe j).

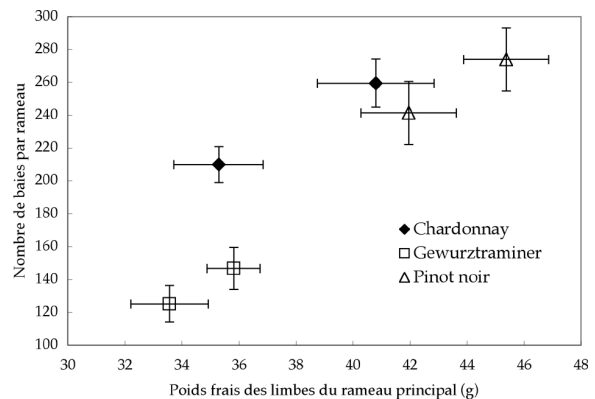


Fig. 6 - Relation entre masse des limbes sur le rameau principal à la nouaison et nombre de baies par rameau en Alsace.

Les barres représentent les erreurs-type (n=25).

Relationship between the weight of limbs at fruit set on the main shoot and the number of berries.

Bars represent standard-errors (n=25).

Une telle analyse sur les données du Pinot noir en Champagne montre que le nombre de fleurs ($p < 0,001$) ainsi que le niveau de réserves ($p = 0,03$) contribuent de manière significative à expliquer le nombre de baies. Le calcul des moyennes « ajustées » pour le nombre de fleurs fait ressortir qu'à nombre de fleurs égal, le nombre de baies par grappe serait significativement plus élevé dans le traitement R- que dans le traitement R+ (189 baies vs. 172). Il semble donc bien que la formation des baies se soit mieux déroulée dans cette situation pour le traitement R- que pour le traitement R+.

Les effets sur la formation des pépins sont plus homogènes. Le nombre de pépins par baie est en effet significativement plus élevé pour l'ensemble du dispositif dans la modalité R- ($p < 0,001$), de même que le taux de fécondation ($p = 0,02$) (tableau IX). Les différences sur le nombre de pépins par baie sont significatives pour le Chardonnay et le Pinot noir, en Alsace et en Champagne.

Tableau IX - Formation des pépins
Seed formation

Région	Parcelle	Modalité	Nombre de pépins par baie	Nombre de pépins par grappe	Taux de fécondation(%)
Alsace	Chardonnay	R-	1,04 a	110,6	14,0 a
		R+	0,80 b	99,0	11,4 b
	Gewurztraminer	R-	1,44	115,3	26,8
		R+	1,38	113,3	23,6
	Pinot noir	R-	0,68 a	89,9 a	7,6 a
		R+	0,46 b	59,0 b	6,0 b
Bourgogne	Chardonnay	R-	1,44	169,5	24,2
		R+	1,40	142,9	22,1
	Pinot noir	R-	1,58	174,4	29,5
		R+	1,67	227,7	32,7
Champagne	Chardonnay	R-	1,80 a	348,4	33,0
		R+	1,63 b	332,1	31,2
	Pinot noir	R-	1,84 a	347,9	29,8 a
		R+	1,74 b	330,3	26,0 b

(1) des lettres différentes indiquent que la différence R+/R- pour une variété est différente au seuil $p \leq 0,05$.

Les conséquences de nos traitements sur la formation des baies, contradictoires selon les situations, nécessitent la recherche d'explications.

Comme il n'y a pas de différence significative entre traitements sur le poids des limbes par m² (cf. tableau VI), la surface foliaire est strictement proportionnelle à la masse totale des limbes. Une analyse de covariance avec les données sur la structure du rameau en Alsace montre que le nombre de baies par rameau est très bien expliqué par la parcelle ($p=0,002$), par le nombre de fleurs par rameau ($p<0,001$) mais aussi par la masse des limbes sur le rameau principal ($p<0,001$). La figure 6 donne une illustration synthétique de ce résultat.

Par ailleurs, on sait (COOMBE, 1962 ; KOBLET, 1966; SMITHYMAN *et al.*, 1998) que les compétitions entre appareil végétatif et reproducteur peuvent modifier les paramètres de la nouaison et en particulier qu'un écimage en cours de floraison peut augmenter le taux de nouaison. En Alsace, le premier rognage a eu lieu entre 17 et 20 jours après la mi-floraison selon la parcelle et cette compétition a pu s'exercer. VASCONCELOS et CASTAGNOLI (2000) ont montré que l'absence d'entrecoeurs, comme celle de l'apex du rameau, pouvait favoriser la nouaison. La figure 7 montre ici une corrélation négative entre la part que représente les entrecoeurs, alors en croissance, dans la masse totale du rameau, et la formation des pépins. L'analyse de covariance sur le même jeu de données met en évidence l'effet de cette variable sur le nombre de pépins par baie au seuil $p<0,001$.

Les bonnes conditions de maturation ont conduit à une meilleure vigueur des plantes l'année suivante, mais cette vigueur semble s'être traduite par deux effets antagonistes en Alsace. D'une part la surface foliaire a été plus élevée pendant la période floraison-nouaison, ce qui a été favorable à la formation des baies, mais d'autre part, les entrecoeurs ont eu une croissance plus importante, apparemment au détriment de la formation des pépins dans ces mêmes baies.

Ce résultat ne peut se transposer directement en Champagne car le premier rognage a été pratiqué le 20/6/01, à la mi-floraison. Ce rognage a contribué à homogénéiser les surfaces foliaires par rameau et par là même la capacité des plantes à former des baies. Cependant, les effets des traitements sur la croissance ont été, comme en Alsace, assez importants. Il est probable que là aussi le traitement R+ ait conduit à une plus forte croissance des entrecoeurs, induisant une demande végétative plus forte au détriment du taux de nouaison pour le Pinot noir (VASCONCELOS et CASTAGNOLI, 2000), et pénalisant la formation des pépins pour les deux cépages (tableau IX). La formation d'un nombre élevé de pépins par baie par rapport aux données obtenues en Alsace paraît cohérente avec une forte limitation de la compétition végétatif/reproducteur par le rognage précoce. On notera qu'en Bourgogne, avec là aussi un rognage à la mi-floraison, le nombre de pépins par baie est là aussi plus élevé qu'en Alsace.

L'augmentation du nombre moyen de pépins par baie pour le traitement R- sur le Chardonnay et le Pinot

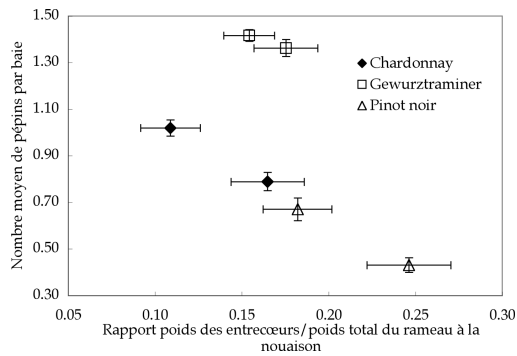


Fig. 7 - Relation entre croissance des entrecoeurs et formation des pépins en Alsace.

Les barres représentent les erreurs-type (n=25).

Relationship between laterals growth and number of seeds per berry in Alsace.

Bars represent standard-errors (n=25).

noir en Alsace se traduit par une augmentation significative du poids moyen d'une baie de l'ordre de 10 % à l'époque de la nouaison (données non présentées). Pour le Gewurztraminer, il n'y a pas de différences significatives ni pour le nombre de pépins par baie ni pour le poids moyen d'une baie entre modalités mais il existe bien une relation générale entre le nombre de pépins par baie et le poids moyen d'une baie (figure 8).

L'analyse des composantes de la nouaison à l'échelle du rameau n'apporte pas d'informations supplémentaires.

VII - VENDANGE

Les données ne sont pas disponibles pour la Bourgogne où les souches ont de nouveau été égrappées ou effeuillées à la véraison 2001 pour accentuer les effets attendus.

En Alsace (tableau X), le poids d'une grappe apparaît plus important dans le traitement R+ pour le Gewurztraminer, essentiellement à cause de la taille des baies, et pour le Chardonnay où il y avait plus de baies par grappe (tableau VII). Les différences sur le poids d'une baie par rapport à l'époque de la nouaison se sont atténuées pour le Chardonnay, ont augmenté pour le Gewurztraminer et sont restées stables pour le Pinot noir.

Au final, il n'y a que pour le Gewurztraminer que les différences de rendement sont significatives. Le poids de raisin par souche est diminué d'un tiers dans le traitement R-, par l'intermédiaire du nombre de grappes par souche et de la taille des grappes.

Le Pinot noir a un comportement particulier caractérisé ici par la production de grappillons. Le fait que même dans le traitement R- on note la présence de grap-

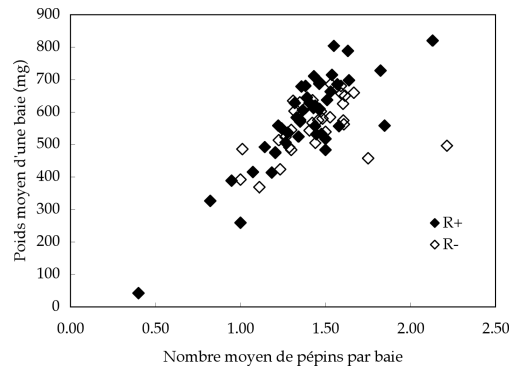


Fig. 8 - Relation entre le nombre moyen de pépins par baie et le poids moyen d'une baie à la nouaison pour le Gewurztraminer.

Chaque point représente une grappe.

Relationship between the average number of seeds per berry and the average weight per berry ar fruit set for Gewurztraminer.

Each point represents a grape.

pillons traduit la vigueur de la parcelle. Dans le traitement R+, cette quantité de grappillons est multipliée par 5 et leur poids total par 3 !

En Champagne, l'analyse de variance à l'échelle de l'essai montre une baisse significative ($p=0,02$) du poids de récolte par souche (tableau XI). Les paramètres sur la qualité des raisins sont en Champagne comme en Alsace inchangés.

DISCUSSION

Les opérations d'effeuillage (R-) et d'égrappage (R+) réalisés au moment de la véraison 2000 ont eu des effets plus ou moins importants, parfois aucun, selon les situations. Les effets les plus marqués concernent la croissance printanière. Même lorsque les dosages de sucres et d'acides aminés dans les sarments n'apportent pas d'informations discriminantes, dans le cas du Chardonnay en Alsace ou en Champagne par exemple, la surface foliaire de la feuille face à la première inflorescence a pu être significativement réduite. Il existe dans le bourgeon au moment du débourrement un certain nombre de feuilles préformées, initiées en même temps que les inflorescences au cours de la saison précédente (HUGLIN et SCHNEIDER, 1998). On pourrait donc faire l'hypothèse que nos opérations à la véraison ont davantage modifié l'initiation des jeunes feuilles et leur potentiel de développement ultérieur que la constitution des réserves. Cette analyse explique cependant difficilement que l'on observe parfois également des teneurs en azote et des indices de chlorophylle plus faibles dans les traitements R-. Il est plus vraisemblable que dans les situations étudiées la composition biochimique des sarments n'était pas assez réactive face aux contraintes imposées. La taille réduite

Tableau X - Composantes du rendement et composition des raisins à la vendange 2001 en Alsace
Yield components and fruit composition at 2001 harvest in Alsace

Variable	Effet « Réserves »	Chardonnay		Gewurztraminer		Pinot noir	
		R-	R+	R-	R+	R-	R+
Poids de raisins par souche (kg)	*(1)	3,79	3,77	2,06 b(2)	3,08 a	2,59	2,75
Nombre de grappes par souche	NS	27,7	25,0	21,9 b	27,1 a	24,7	24,3
Poids moyen d'une grappe (g)	***	134,6 b	152,8 a	93,6 b	116,6 a	103,7	116,3
Poids moyen d'une baie (g)	NS	1,50	1,40	1,36 b	1,55 a	1,17 a	1,02 b
Nombre de grappillons par souche (3)	-	-	-	-	-	5,1 b	21,1 a
Poids moyen de grappillons par souche (kg)	-	-	-	-	-	0,3 b	0,9 a
Degré alcoolique probable (% v/v)	NS	13,6	13,7	14,2	14,1	12,2	12,6
Acidité de titration (éq. g H ₂ SO ₄ /l)	NS	7,1	7,4	4,2	4,2	6,1	6,3

(1) NS : non significatif. *, **, *** : significatif à $p \leq 0,05$, $p \leq 0,01$, $p \leq 0,001$ respectivement.

des premières feuilles au printemps nous paraît expliquée de manière plus satisfaisante par une réduction des disponibilités en carbone et en azote au démarrage de la végétation que par un problème lors de leur initiation l'année précédente. Nous n'en avons cependant pas une preuve indiscutable.

Dès le début de végétation, une surface foliaire et une activité photosynthétique (mesures N-tester) plus faibles dans les modalités R- ont pu pénaliser la croissance des rameaux et réduire par la suite les volumes de rognage. Des écarts significatifs de surface foliaire sont encore observés au moment de la nouaison. Ces effets sur la croissance printanière sont conformes à ce qui était attendu en regard des données bibliographiques (McARTNEY et FERREE, 1999a ; McARTNEY et FERREE, 1999b ; MURISIER, 1996 ; KELLER et KOBLET, 1995). L'essai en Bourgogne est le seul où aucun effet des traitements sur la croissance n'est mis en évidence. Pour un mode de conduite similaire les teneurs en sucres des bois de taille sont nettement supérieures à celles observées en Champagne. L'âge plus avancé de ces parcelles (tableau I) pourrait être un élément empirique permettant d'expliquer, qu'ayant un volant de réserves *a priori* plus important, la disponibilité en carbone ou en azote n'ait pas été un facteur limitant de la croissance printanière.

Le potentiel de production exprimé en nombre de fleurs par souche a pu être réduit soit par une réduction du nombre total d'inflorescences (Gewurztraminer en Alsace, Chardonnay en Champagne) soit par l'intermédiaire du nombre de fleurs par inflorescence (Chardonnay en Alsace). La réduction du nombre de rameaux fertiles peut être liée à une compétition pour des assimilats en quantités limitantes au moment du débourrement et/ou à des inhibitions entre bourgeons conduisant à amplifier le phénomène d'acrotonie (DUCHÊNE *et al.*, 2003). Des effets du rapport feuille/fruit ou du niveau de réserves sur le nombre et

la taille des inflorescences avaient déjà été mis en évidence (CARBONNEAU *et al.*, 1977 ; MANSFIELD et HOWELL, 1981 ; MURISIER, 1996 ; DUCHÊNE *et al.*, 2003) bien que non systématiques (HUGLIN P., 1958 ; HOWELL *et al.*, 1994 ; KOBLET *et al.*, 1997). BENNETT *et al.* (2002) montrent ainsi après une expérience de défoliation l'existence d'une corrélation entre la teneur en amidon des racines au débourrement et le nombre de fleurs par inflorescence.

Il paraît peu probable que nos traitements, effectués à la fin de la véraison aient affecté le processus d'initiation florale (CAROLUS, 1970 ; HUGLIN P., 1958). Par contre, l'inflorescence a un développement parallèle à celui de la feuille qui lui fait face. On peut ainsi mettre en relation la taille de cette feuille et le nombre de fleurs de l'inflorescence opposée (figure 9) quel que soit le génotype et la situation. Le domaine de validité et la robustesse de cette relation mériteraient d'être étudié mais surtout il serait nécessaire de préciser quelle est le rôle que jouent les disponibilités en assimilats au moment du débourrement sur le développement de ces organes par rapport aux conditions au moment de leur initiation. On sait que la température au moment du débourrement peut jouer un rôle à la fois sur le nombre et la taille des inflorescences (POUGET ; 1981). HUGLIN et SCHNEIDER (1998) remarquent qu'après des épisodes de dégâts de gel en Alsace aucune différence de fertilité ou de taille des inflorescences entre rameaux issus de bourgeons primaires ou secondaires n'a pu être mise en évidence. Or ces deux types de bourgeons ne sont pas initiés à la même époque (CAROLUS, 1970) et le nombre d'inflorescences préformées dans ces deux types de bourgeons était sans doute différent. Il est plausible les conditions d'initiation florale fixent un nombre maximal d'inflorescences ou de fleurs par bourgeon et que les conditions printanières déterminent dans quelle proportion ce potentiel est atteint. Dans des conditions où l'initiation florale serait le facteur limitant, le niveau de

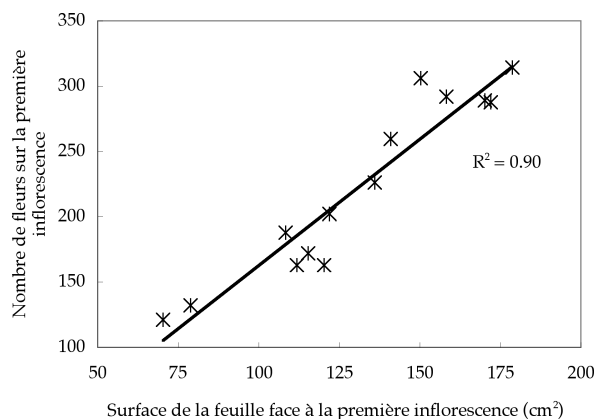


Fig. 9 : Relation entre la surface d'une feuille et le nombre de fleurs sur l'inflorescence lui faisant face (inflorescence basale).

Relationship between the area of a leaf and the number of flowers on the opposite inflorescence (basal inflorescence).

réserves n'aurait vraisemblablement aucune incidence sur le nombre de fleurs par rameau.

Les résultats sur la formation des baies sont cohérents avec la littérature. (COOMBE, 1962; KOBLET, 1966; CANDOLFI-VASCONCELOS et KOBLET, 1990). McARTNEY et FERREE (1999a) avaient déjà mis en évidence une relation entre surface foliaire et nombre de baies. L'intérêt de notre étude est de montrer que des variations de surface foliaire liées au fonctionnement même de la plante au vignoble conduisent à des conclusions similaires.

Il nous semble que le taux de nouaison doit être considéré comme une variable dépendant du nombre de fleurs présents et du nombre de baies formées et non que le nombre de baies dépend du taux de nouaison. Cela implique que les travaux de recherche devraient porter d'une part sur le déterminisme du nombre de fleurs d'autre part sur le déterminisme du nombre de baies. Une telle approche permet de passer outre sur des contradictions apparentes sur les relations entre « réserves » et taux de nouaison, non reproductibles voire opposées entre expérimentations. L'effet des compétitions « végétatif/reproducteur » sur la formation des baies paraît tout aussi important que celui de l'activité photosynthétique globale. COOMBE (1962)

estime ainsi que l'apex du rameau (shoot tip) mobilise les assimilats produits par 1 à 6 feuilles. Les opérations de rognage/écimage, par leur date et leur intensité ont donc un rôle important dans la formation des baies et des pépins. L'évaluation quantitative de la demande végétative à tout moment pourrait s'avérer un outil de pilotage des opérations de rognage en vue de la maîtrise des rendements.

Les expérimentations rapportées ici ne représentent qu'une faible part des conditions de milieu et de culture des vignobles. Elles permettent néanmoins de mettre en lumière la variabilité des réponses que l'on peut observer tout en allant dans le même sens que les observations effectuées en conditions mieux contrôlées (DUCHÊNE *et al.*, 2003). Ces essais au vignoble apportent des informations essentielles sur le domaine de validité de résultats ponctuels et l'analyse de la diversité des situations permet une mise en perspectives des différents facteurs mis en jeu et soulève de nouvelles questions.

CONCLUSION

Les données obtenues au vignoble vont dans le sens de celles obtenues en conditions contrôlées par DUCHÊNE *et al.* (2003). Des conditions de maturation difficiles peuvent conduire au cours de la saison suivante à des retards dans les stades développement, à une réduction de la surface foliaire et de l'activité photosynthétique en début de végétation et conduire ainsi à une croissance plus faible des plantes. Ces réactions n'ont toutefois pas été observées dans toutes les situations et les paramètres permettant de prédire leur ampleur restent à préciser.

Des composantes du rendement telles que le nombre d'inflorescences par souche et le nombre de fleurs par inflorescence ont également pu être affectées mais pour les paramètres de la nouaison, les interactions avec la conduite de la plante se sont avérées très fortes. Des conditions de maturation favorables l'année précédente peuvent en effet avoir des effets antagonistes : la forte surface foliaire concomitante est favorable à la formation des baies mais la présence plus importante d'entrecoeurs en croissance est un élément ayant apparemment des effets inverses. La date de rognage appa-

Tableau XI - Rendement et composition des raisins à la vendange 2001 en Champagne

Yield and fruit composition at 2001 harvest in Champagne

Variable	Effet « réserves »	Chardonnay		Pinot noir	
		R-	R+	R-	R+
Poids de raisin récolté (kg/souche)	*(1)	2,1	2,7	2,4	2,8
Degré alcoolique probable (% v/v)	NS	9,0	8,9	8,2	8,1
Acidité de titration (éq. g H ₂ SO ₄ /l)	NS	7,7	7,7	9,1	9,1

(1) NS : non significatif. *, **, *** : significatif à $p \leq 0,05$, $p \leq 0,01$, $p \leq 0,001$ respectivement.

raît ainsi comme un facteur déterminant. Quand celui-ci a été tardif le nombre de pépins par baie a été fortement réduit. Un rognage précoce semble au contraire favoriser à la fois la nouaison et le nombre de pépins par baie.

Les effets sur le rendement final, quand ils existent, montrent cependant que les conditions de maturation difficiles peuvent avoir des effets dépressifs l'année suivante. À l'inverse une « sous-charge » issue des pratiques d'égrappage est un facteur favorisant un rendement élevé l'année suivante.

Si la gestion de la maturation et des réserves peut s'avérer un puissant outil de gestion de la vigueur végétative, la gestion de l'élaboration du rendement paraît plus délicate et devrait intégrer tous les aspects de la conduite de la plante.

Remerciements : Ce travail a été soutenu financièrement par le Conseil régional d'Alsace. Nous tenons à remercier Jean-Pierre Gaudillère pour la réalisation des dosages sur les bois de taille et pour ses commentaires constructifs sur le texte de cet article.

REFERENCES

- BENNETT J., TROUGHT M.C.T. et JARVIS P., 2002. The importance of over-wintering carbohydrates on inflorescence development and yield potential. *The Australian and New Zealand Grapegrower and Winemaker*, **456**, 70-72.
- CANDOLFI-VASCONCELOS M.C., CANDOLFI M.P. et KOBLET W., 1994. Retranslocation of carbon reserves from the woody storage tissues into the fruit as a response to defoliation stress during the ripening period in *Vitis vinifera* L. *Planta*, **192**, 567-573.
- CANDOLFI-VASCONCELOS M.C. et 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.
- CARBONNEAU A., LECLAIR P., DUMARTIN P., CORDEAU J. et ROUSSEL C., 1977. Étude de l'influence chez la vigne du rapport partie végétative / partie productrice sur la production et la qualité des raisins. *Connaissance Vigne Vin*, **11**, 105-130.
- CAROLUS M., 1970. Recherches sur l'organogénèse et l'évolution morphologique du bourgeon latent de la Vigne (*Vitis vinifera* L. var. Merlot). *Thèse*, docteur en sciences biologiques, Université de Bordeaux II.
- COOMBE B.G., 1962. The effect of removing leaves, flowers and shoot tips on fruit-set in *Vitis vinifera* L. *J. Hortic. Sci.*, **37**, 1-15.
- DUCHÊNE E., JAEGLIN., SALBER R. et GAUDILLÈRE J.-P., 2003. Effects of ripening conditions on the following season's growth and yield components for Pinot noir and Gewurztraminer grapevines (*Vitis vinifera* L.) in a controlled environment. *J. Int. Sci. Vigne Vin*, **37**, 1, 39-49.
- DUCHÊNE E., MELUC D., PANIGAIL., LANGELLIER F., MONAMY C. et SCHNEIDER C., 2001. Elaboration du nombre de baies par m² pour le Pinot noir et le Chardonnay en Alsace, Bourgogne et Champagne. *J. Int. Sci. Vigne Vin*, **35**, 215-224.
- HOWELL G.S., CANDOLFI-VASCONCELOS M.C. et KOBLET W., 1994. Response of Pinot noir grapevine growth, yield and fruit composition to defoliation the previous growing season. *Am. J. Enol. Vitic.*, **45**, 188-191.
- HUGLIN P., 1958. Recherches sur les bourgeons de la vigne : initiation florale et développement végétatif. *Thèse de doctorat ès Sciences*. Faculté des Sciences de Strasbourg.
- HUGLIN P. et SCHNEIDER C., 1998. *Biologie et écologie de la vigne*. Lavoisier, Paris.
- KELLER M. et KOBLET W., 1995. Dry matter and leaf area partitioning, bud fertility and second season growth of *Vitis vinifera* L. : responses to nitrogen supply and limiting irradiance. *Vitis*, **34**, 77-83.
- KOBLET W., 1966. Fruchtansatz bei Reben in Abhängigkeit von Triebbehandlung und Klimafaktoren. *Wein-Wiss.*, **21**, 297-322.
- KOBLET W., ROTH I., HOFFMANN P. et WEISSENBACH P., 1997. Mobilisierung von Reserven unter Stress bei Blauburgunder-Reben. *Schweizerische Zeitschrift für Obst- und Weinbau*, **133**, 114-116.
- MANSFIELD T.K. et HOWELL G.S., 1981. Response of soluble solids accumulation, fruitfulness, cold resistance, and onset of bud growth to differential defoliation stress at véraison in Concord grapevines. *Am. J. Enol. Vitic.*, **32**, 200-205.
- MCARTNEY S.J. et FERREE D.C., 1999a. Root and cane pruning affect vegetative development, fruiting, and dry-matter accumulation of grapevines. *HortScience*, **34**, 617-621.
- MCARTNEY S.J. et FERREE D.C., 1999b. Shading effects on dry matter partitioning, remobilization of stored reserves and early season vegetative development of grapevines in the year after treatment. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, **124**, 591-597.
- 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 de Docteur ès sciences techniques*, Ecole Polytechnique Fédérale de Zurich.
- MURISIER F. et AERNY J., 1994. Influence du niveau de rendement de la vigne sur les réserves de la plante et sur la chlorose. Rôle du porte-greffe. *Rev. Suisse Vitic. Arboric. Hortic.*, **26**, 281-287.

- POUGET R., 1981. Action de la température sur la différenciation des inflorescences et des fleurs durant les phases de pré-débourrement et de post-débourrement des bourgeons latents de la vigne. *Connaissance Vigne Vin*, **15**, 65-79.
- SCHNEIDER C., 1992. Analyse des composants de la production viticole alsacienne. Recherche d'une méthode fiable de mesure du nombre de fleurs/inflorescence. *In: 4e Symp. Int. sur la Physiologie de la Vigne*. Fondazione Giovanni Dalmatio Ed., Turin, p. 133-136.
- SMITHYMAN R.P., HOWELL G.S. et MILLER D.P., 1998. The use of competition for carbohydrates among vegetative and reproductive sinks to reduce fruit set and botrytis bunch rot in Seyval blanc grapevines. *Am. J. Enol. Vitic.*, **49**, 163-170.
- VASCONCELOS M.C. et CASTAGNOLI S., 2000. Leaf canopy structure and vine performance. *Am. J. Enol. Vitic.*, **51**, 390-396.

Manuscrit reçu le 24 mars 2003 ; accepté pour publication le 5 mai 2003