

ÉLABORATION DU NOMBRE DE BAIES PAR M² POUR LE PINOT NOIR ET LE CHARDONNAY EN ALSACE, BOURGOGNE ET CHAMPAGNE

NUMBER OF BERRIES PER M² FOR PINOT NOIR AND CHARDONNAY IN ALSACE, BOURGOGNE AND CHAMPAGNE

E. DUCHÊNE^{1*}, D. MELUC², L. PANIGAI³, F. LANGELLIER³,
C. MONAMY² et C. SCHNEIDER¹

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,
520, avenue Maréchal de Lattre de Tassigny, 71000 Macon (France)

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

Résumé : Les composantes du rendement aboutissant à l'élaboration du nombre de baies par m² de deux variétés ont été mesurées au cours de plusieurs campagnes en Alsace, Bourgogne et Champagne. Le nombre de rameaux par m², d'inflorescences, de fleurs et de baies par rameau ainsi que les taux de nouaison ont été mesurés sur des parcelles identiques de Pinot noir et de Chardonnay entre 1995 et 1999. Il en ressort une forte variabilité interannuelle du nombre de fleurs par rameau alors que le nombre d'inflorescences par rameau ainsi que le nombre de baies par rameau sont beaucoup plus stables. Toutes les composantes du rendement, en particulier le nombre de fleurs par rameau, ont des niveaux plus faibles en Bourgogne qu'en Alsace et en Champagne. Les différences entre Pinot noir et Chardonnay sont discutées. Les taux de nouaison, supérieurs dans tous les cas à 40 p. cent, reflètent davantage les variations du nombre de fleurs que du nombre de baies. Une nouvelle variable permettant de caractériser la nouaison est proposée.

Abstract: Yield components leading to the number of berries per m² were measured for two varieties in Alsace, Burgundy and Champagne, three vineyards in northern France. The number of shoots per m², the number of inflorescences, the number of flowers and the number of berries per shoot were recorded on the same plots of Pinot noir and Chardonnay between 1995 and 1999. The data showed a great variability of the number of flowers per shoot between years, whereas the number of inflorescences and the number of berries per shoot were more stable. All the yield components, especially the number of flowers per shoot, were lower in Burgundy when compared to Alsace or Champagne. Differences between Pinot noir and Chardonnay are discussed. Fruit set ratio, always above 40 p. cent, are more linked to the number of flowers per shoot than to the number of berries per shoot. A new method for characterising fruit set is proposed.

Mots clés : *Vitis vinifera*, composantes du rendement, fleurs, baies, nouaison

Key words: *Vitis vinifera*, yield components, flowers, berries, fruit set

INTRODUCTION

Le niveau de production par unité de surface d'une parcelle de vigne est un élément déterminant de la qualité des vins qui en sont issus. Le rendement conditionne non seulement la teneur en sucres potentielle des moûts, mais également l'intensité colorante des vins et plus généralement leurs qualités organoleptiques (HUGLIN et SCHNEIDER, 1998).

Par ailleurs, de faibles productions liées à des accidents climatiques, peuvent déséquilibrer les marchés et induire des préjudices financiers chez les professionnels de la filière viti-vinicole.

Pour maîtriser le rendement, il est important de comprendre l'origine de ses variations. Dans ce contexte, un travail de diagnostic de l'élaboration du rendement en zone septentrionale a été entrepris. Il vise à quantifier la variabilité des composantes du rendement et à en identifier les causes.

Cet article présente les données obtenues par des suivis de parcelles en Alsace, Bourgogne et Champagne entre 1995 et 1999.

Les données présentées concernent l'élaboration du nombre de baies par m². En effet, une fois cette composante fixée, à la nouaison, le rendement final ne

dépend plus que de la taille des baies. Des études antérieures (SCHNEIDER, 1995) ont montré que cette dernière composante n'entraîne que pour moins de 20 p. cent dans l'explication des variations de rendement pour le Pinot blanc par exemple. Il est donc prioritaire de s'attacher à expliquer les variations du nombre de baies par m².

MATÉRIEL ET MÉTHODES

On peut décomposer le nombre de baies par m² en plusieurs composantes : le nombre de rameaux fertiles par m² et le nombre de baies par rameau. Ce dernier dépend lui-même du nombre de grappes par rameau et du nombre de baies par grappe. Pour mieux analyser comment est déterminé le nombre de baies par grappe, il est nécessaire de connaître le nombre de fleurs par inflorescence et le taux de nouaison. L'ensemble du dispositif mis en place visait à obtenir, sur plusieurs campagnes, des valeurs objectives de ces variables en zone septentrionale.

I - DISPOSITIF

Le dispositif général a consisté à étudier les composantes du rendement sur des réseaux de parcelles en Alsace, Bourgogne et Champagne. Deux variétés étaient concernées : le Pinot noir dans les trois régions, le Chardonnay en Bourgogne et Champagne.

L'étude a porté sur les années 1995, 1996 et 1997, dans les trois régions. Un suivi complémentaire du Pinot noir a été effectué en Champagne en 1998, et en Alsace et Bourgogne en 1998 et 1999.

Chaque année, les deux variétés ont été suivies sur au moins 10 parcelles, identiques tous les ans, dans chaque région. Ces suivis ont été réalisés en Alsace par l'Institut National de la Recherche Agronomique (I.N.R.A.), en Bourgogne par le Bureau Interprofessionnel des Vins de Bourgogne (B.I.V.B), et en Champagne, par le Comité Interprofessionnel du Vin de Champagne (C.I.V.C.) dans le cadre du réseau Vignes et Vins Septentrionaux.

II - OBSERVATIONS ET MESURES

Sur chaque parcelle, trois souches ont été identifiées et ont fait l'objet des mesures sur les trois campagnes. Ces mesures ont été avant la floraison :

- Nombre d'yeux francs, de rameaux primaires (I), de rameaux secondaires (II) et de gourmands sur chaque souche,

- Nombre total d'inflorescences sur chaque type de rameaux.

Sur chaque souche, un rameau a été choisi de manière à ce que, pour chaque parcelle, toutes les positions possibles sur la souche soit représentées. En Alsace par exemple, trois types de rameaux ont été retenus : au début, au milieu et en bout d'arcure. Pour chacune de ces catégories, un tirage aléatoire a permis de fixer une position précise de prélèvement. Sur ces rameaux, ont été obtenues les variables suivantes :

- Nombre de fleurs par inflorescence. Cette variable a été calculée à partir de la méthode mise au point par SCHNEIDER (1992) et utilisée depuis plusieurs années en Alsace. Elle consiste à photographier peu avant la floraison, selon un protocole précis, des inflorescences puis à compter, sur les photographies, les boutons floraux visibles. Une estimation du nombre réel de boutons floraux est ensuite obtenue à partir d'une équation de régression.

Des comptages de boutons floraux sur photographies et du nombre réel de boutons floraux sur les mêmes inflorescences ont été réalisés en 1995 sur 84 inflorescences de Pinot noir et 61 de Chardonnay. Il en ressort les équations suivantes :

Nombre de fleurs par inflorescence (NFI) = $3.52 + 1.895 \times$ nombre de boutons floraux comptés (BFP) pour le Pinot noir ($R^2 = 0,96$).

NFI = $8.63 + 1.537 \times$ BFP pour le Chardonnay ($R^2 = 0,96$).

Les études antérieures (SCHNEIDER, 1992) avaient montré que ces relations sont indépendantes de l'année.

- Nombre de baies. Environ trente jours après la floraison, les grappes des rameaux photographiés, qui avaient été identifiés, ont été prélevées. Sur chaque grappe, le nombre de baies de diamètre supérieur à 3 mm a été compté. Le taux de nouaison a ensuite été calculé soit par grappe, soit par rameau, en faisant le rapport nombre de baies/nombre de fleurs.

III - TRAITEMENT DES RÉSULTATS

Les analyses statistiques ont été réalisées avec le logiciel SAS version 6.11 sous UNIX. Les analyses de variance ont été réalisées en utilisant la procédure pour les modèles mixtes « proc mixed ».

Les facteurs « variété », « région » et « année » ainsi que leurs interactions ont été considérés comme des effets fixes, les facteurs « parcelle », « souche » et les interactions correspondantes comme des effets aléatoires. De plus, les facteurs « souche » et « parcelle » ont été considérés comme dépendant de la région et de la variété (effets hiérarchisés).

RÉSULTATS

I - ARCHITECTURE DES PEUPELEMENTS

Que ce soit pour le Pinot noir ou le Chardonnay, le nombre total de rameaux par m² est significativement inférieur en Bourgogne par rapport aux deux autres régions (tableau I). Ce résultat s'explique par une charge en bourgeons moins élevée, et à un degré moindre par un taux de débourrement inférieur, ainsi qu'à la présence moins fréquente de rameaux secondaires. On remarquera également qu'il y a généralement moins de gourmands sur les souches en Bourgogne. À l'époque des mesures, peu avant floraison, il n'est toutefois pas possible de faire la distinction entre les effets du milieu, du matériel végétal, et ceux des pratiques viticoles sur la présence de rameaux secondaires et de gourmands.

L'année 1997 a été marquée par de forts dégâts de gel de printemps en Champagne sur les parcelles de Pinot noir étudiées, qui ont affecté plus de la moitié des rameaux débourrés. Ces dégâts de gel ont été moins importants pour le Chardonnay, *a priori* du fait de la répartition géographique différente des variétés.

Les variations interannuelles du nombre de rameaux par m² sont faibles si l'on excepte le cas des gels de printemps. Néanmoins, les analyses statistiques mettent en évidence que le nombre d'yeux laissés à la taille est plus important (1 à 1,5 œil franc de plus) en 1996 qu'en 1995 et 1997 dans les trois régions. Une des explications possibles est que les longueurs d'entrenœuds peuvent varier d'une année à l'autre. Comme l'on taille davantage en tenant compte de la longueur des longs-bois que du nombre d'yeux (en Alsace tout du moins), à longueur égale, le nombre d'yeux peut varier en fonction de la longueur des entrenœuds.

Tableau I - Données moyennes sur l'architecture des peuplements

Average data on plant architecture

Pinot noir

Région	Moyennes 95-97				Moyennes annuelles						
	Année	Alsace	Bourgogne	Champagne	<i>p</i>	1995	1996	1997	1998*	1999*	<i>p</i> (95-97)
Nombre d'yeux francs par m ²		11,0	8,1	12,7	<0,001	10,3	11,6	10,5	10,2	9,7	0,002
Taux de débourrement (%)		84,7	79,5	86,4	0,011	82,7	82,4	86,6	81,8	84,7	0,174
Nombre de rameaux primaires (I) par m ²		9,4	6,4	8,7	0,001	8,5	9,4	6,6	8,4	8,3	<0,001
Nombre de rameaux secondaires (II) par m ²		1,3	0,7	1,6	0,001	1,7	1,1	0,8	1,3	1,3	<0,001
Nombre de rameaux I et II par m ²		10,7	7,0	10,4	<0,001	10,2	10,5	7,4	9,7	9,5	<0,001
Nombre de gourmands par m ²		1,1	0,5	1,6	0,002	2,1	0,4	0,6	0,5	1,2	<0,001

* : sans la région Champagne

Chardonnay

Région	Moyennes 95-97				Moyennes annuelles						
	Année	Alsace	Bourgogne	Champagne	<i>p</i>	1995	1996	1997	1998	1999	<i>p</i> (95-97)
Nombre d'yeux francs par m ²		-	8,3	14,7	<0,001	12,7	12,6	11,5	-	-	0,283
Taux de débourrement (%)		-	81,5	76,5	0,093	76,2	78,7	80,9	-	-	0,066
Nombre de rameaux primaires (I) par m ²		-	6,7	10,3	<0,001	9,6	9,6	7,5	-	-	0,006
Nombre de rameaux secondaires (II) par m ²		-	0,3	0,3	0,372	0,4	0,2	0,2	-	-	0,080
Nombre de rameaux I et II par m ²		-	7,0	10,6	<0,001	10,0	9,8	7,7	-	-	0,007
Nombre de gourmands par m ²		-	0,6	1,0	0,231	1,7	0,3	0,2	-	-	<0,001

Les densités moyennes de plantation sur les parcelles étudiées sont de 4 850 souches/ha en Alsace, 10 100 souches/ha en Bourgogne et 7 800 souches/ha en Champagne

De forts dégâts de gel en Champagne en 1997 ont réduit le nombre de rameaux I par m².

Tableau II - Données moyennes sur le nombre d'inflorescences
Average data on the number of inflorescences

Pinot noir

Région	Moyennes 95-97				Moyennes annuelles						
	Année	Alsace	Bourgogne	Champagne	<i>p</i>	1995	1996	1997	1998*	1999*	<i>p</i> (95-97)
Nombre d'inflorescences par rameau I		1,52	1,26	1,38	0,038	1,40	1,36	1,40	1,30	1,41	0,623
Nombre d'inflorescences par rameau II		0,89	0,57	0,93	0,086	0,87	0,74	0,99	0,73	0,90	0,038
Nombre d'inflorescences par m ²		15,9	8,3	14,2	<0.001	14,3	13,9	10,3	12,0	13,2	<0.001

* : sans la région Champagne

Chardonnay

Région	Moyennes 95-97				Moyennes annuelles						
	Année	Alsace	Bourgogne	Champagne	<i>p</i>	1995	1996	1997	1998	1999	<i>p</i> (95-97)
Nombre d'inflorescences par rameau I		-	1,57	1,50	0,365	1,52	1,57	1,48	-	-	0,484
Nombre d'inflorescences par rameau II		-	0,87	1,00	0,209	0,89	0,87	1,16	-	-	0,248
Nombre d'inflorescences par m ²		-	10,9	16,0	0,002	15,2	15,2	11,3	-	-	0,002

Pour le Chardonnay, on retrouve une différence entre Bourgogne et Champagne sur le nombre de rameaux par m², liée aux pratiques de taille. On remarquera également qu'il y a moins de rameaux secondaires que pour le Pinot noir.

II - NOMBRE D'INFLORESCENCES PAR RAMEAU ET PAR M²

Pour le Pinot noir, les différences de fertilité des rameaux primaires sont significatives entre régions (tableau II). La tendance générale est à une fertilité plus forte en Alsace. Il n'y a pas d'effet « année ».

La fertilité des rameaux secondaires, quand ils sont présents, est identique entre régions.

Le Chardonnay présente en moyenne plus d'inflorescences par rameau que le Pinot noir. Les différences entre régions (tableau II) sont plus faibles que pour le Pinot noir et non significatives. Il n'y a pas non plus d'effet « année ».

Le nombre d'inflorescences par m² est la conséquence directe du nombre de rameaux par m² et de leur fertilité. Cette composante du rendement atteint ainsi des niveaux plus élevés en Alsace et Champagne qu'en Bourgogne (tableau II).

En moyenne les gourmands amènent une grappe par souche en Alsace ou Champagne et aucune en Bourgogne (données non présentées).

III - NOMBRE DE FLEURS PAR INFLORESCENCE ET PAR RAMEAU

Pour le Pinot noir, la variabilité globale du nombre de fleurs par rameau (figure 1) est importante puisque l'on observe des variations du simple au triple entre régions pour une année donnée (1998), du simple au double entre années pour une région donnée (Bourgogne).

Il y a systématiquement moins de fleurs par rameau en Bourgogne qu'en Alsace et en Champagne (tableau III), avec une amplitude de 230 à 425.

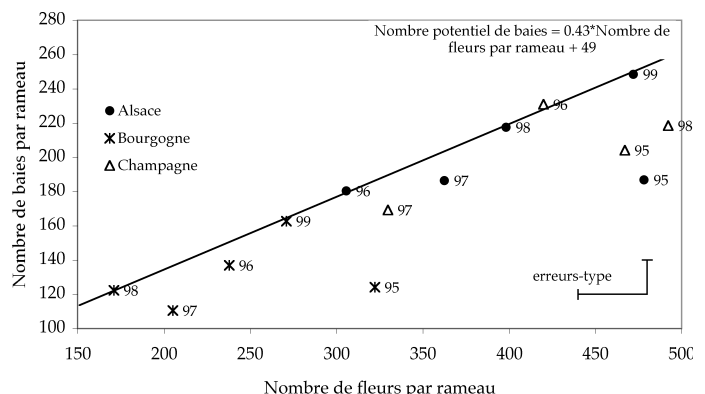


Fig. 1 - Nouaison du Pinot noir en Alsace, Bourgogne et Champagne entre 1995 et 1999 (environ 35 valeurs par point)

Fruit set for Pinot noir in Alsace, Burgundy and Champagne from 1995 to 1999 (approximately 35 data per point)

Cette différence est due d'une part à la fertilité des rameaux, d'autre part à la taille des inflorescences. Sur les rameaux prélevés, en Bourgogne, environ 1 rameau sur 2 porte deux inflorescences alors que cette proportion est de 2 sur 3 dans les deux autres régions (données non présentées). Par ailleurs, les inflorescences de rang 1 ou de rang 2 comptent en moyenne 30 à 40 p. cent de fleurs en moins en Bourgogne (tableau III).

D'une manière plus générale, il est clair (figure 2) que la probabilité qu'un rameau porte deux inflorescences et la taille de l'inflorescence de rang 1 sont liées. De plus, le nombre de fleurs sur la deuxième inflorescence, quand elle est présente, augmente avec le nombre de fleurs sur la première (figure 3). Les facteurs déterminant la formation des fleurs agissent à l'échelle du rameau.

La variabilité entre années, exprimée par un écart-type est identique entre régions, avec une valeur d'environ 70 fleurs. Cependant, exprimée par un coefficient de variation (moyenne/écart-type), elle devient plus importante en Bourgogne (29 p. cent contre 19 p. cent en Alsace et Champagne) où l'on observe moins de fleurs par rameau.

Hormis pour 1995, caractérisée par un nombre élevé de fleurs par rameau, les variations interannuelles de cette variable ne sont pas parallèles entre régions.

L'interaction année x région est hautement significative ($p = 0.004$).

Pour le Chardonnay, le nombre de fleurs par rameau n'est pas statistiquement différent entre la Bourgogne et la Champagne, bien que, comme pour le Pinot noir, on observe en moyenne moins de fleurs par rameau en

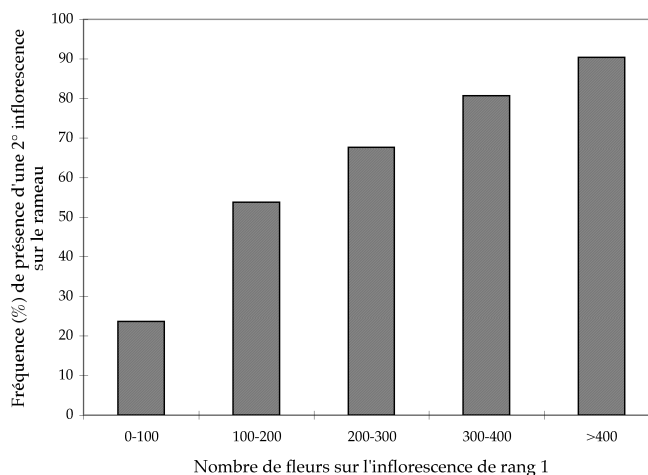


Fig. 2 - Relation entre la taille de la première inflorescence et la fertilité des rameaux (Pinot noir)

Relationship between the size of the first inflorescence and the number of inflorescences per shoot (Pinot noir)

Tableau III - Données moyennes sur le nombre de fleurs

Average data on the number of flowers

Pinot noir

Région	Moyennes 95-98				Moyennes annuelles					
	Alsace	Bourgogne	Champagne	<i>p</i>	1995	1996	1997	1998	1999*	<i>p</i> (95-98)
Nombre de fleurs sur l'inflorescence de rang 1	253	166	278	<0.001	283	212	219	232	242	<0.001
Nombre de fleurs sur l'inflorescence de rang 2	190	139	226	<0.001	246	173	162	186	172	<0.001
Nombre de fleurs sur l'inflorescence de rang 3	100	51	151	-	-	137	40	107	156	-
Nombre de fleurs par rameau	391	231	425	<0.001	428	326	305	369	366	<0.001

* : sans la région Champagne

Chardonnay

Région	Moyennes 95-97				Moyennes annuelles					
	Alsace	Bourgogne	Champagne	<i>p</i>	1995	1996	1997	1998	1999	<i>p</i> (95-97)
Nombre de fleurs sur l'inflorescence de rang 1		190	234	0,036	233	194	224	-	-	0,015
Nombre de fleurs sur l'inflorescence de rang 2		178	202	0,158	208	173	193	-	-	0,040
Nombre de fleurs sur l'inflorescence de rang 3		157	-	-	-	185	143	-	-	-
Nombre de fleurs par rameau		320	382	0,119	392	321	358	-	-	0,031

Bourgogne (tableau III). Comme pour le Pinot noir, il y a plus de fleurs en 1995 qu'en 1996 et 1997.

Une comparaison entre les deux variétés dans les régions et les années communes montre que le Chardonnay porte plus d'inflorescences par rameau que le Pinot noir ($p = 0.008$). En Bourgogne, de ce fait, le Chardonnay porte en moyenne plus de fleurs par rameau que le Pinot noir ($p = 0.06$). Cette différence n'est cependant pas significative en Champagne ($p = 0.78$).

IV - LA NOUAISON ET LE NOMBRE DE BAIES PAR RAMEAU

Pour le Pinot noir, le nombre de baies par rameau est plus stable que le nombre de fleurs. De 1995 à 1998, en prenant en compte les trois régions, les variations de nombre de baies par rameau ne sont pas significatives au seuil de 5 p. cent ($p = 0.06$). Seule l'année 1999 se distingue nettement des autres (tableau IV et figure 1).

L'effet « région » est par contre toujours marqué avec d'une part l'Alsace et la Champagne et d'autre part la Bourgogne où les rameaux portent environ 30 p. cent de baies en moins.

Les taux de nouaison sont globalement bons. Ils ne peuvent cependant pas à eux seuls correctement rendre compte d'une situation au vignoble. Ainsi, en 1996, des taux de nouaison élevés ne signifient pas que le nombre de baies formées l'est également. Au contraire, en 1999, on peut considérer que la nouaison a été excellente, avec formation de nombreuses baies, malgré des taux de nouaison moyens (51 p. cent en Alsace). Plusieurs auteurs (BESSIS, 1965 ; HUGLIN et BALTHAZARD, 1975) ont montré que les taux de nouaison ont tendance à baisser lorsque le nombre de fleurs augmente.

Nous proposons d'établir un diagnostic sur la nouaison intégrant la variabilité du nombre de fleurs. La figure 1 montre que pour un nombre donné de fleurs, le nombre de baies possible ne peut dépasser une certaine valeur, que l'on qualifiera de nombre de baies potentiel. La relation entre le nombre de fleurs et ce nombre potentiel de baies est telle que le taux de nouaison tend vers 100 p. cent quand le nombre de fleurs par rameau diminue, et tend vers 43 p. cent quand le nombre de fleurs par rameau tend vers l'infini, ce qui est cohérent avec les données bibliographiques. Au lieu de caractériser la nouaison par le rapport « nombre de baies/nombre de fleurs », nous proposons de calculer le rapport « nombre de baies/nombre potentiel de baies pour le nombre de fleurs présentes ». Ainsi, la nouaison de 1999 en Alsace (taux de nouaison = 51 p. cent) ou celle de 1998 en Bourgogne (taux de nouai-

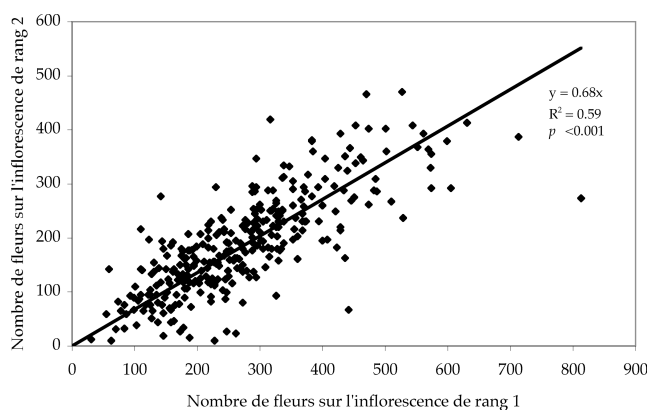


Figure 3 - Relation entre la taille de la première inflorescence et de la deuxième inflorescence (Pinot noir)

Relationship between the size of the first and the second inflorescence (Pinot noir)

son = 76 p. cent) sont caractérisées par un rapport nombre réel de baies/nombre potentiel de baies de 100 p. cent. À l'inverse à taux de nouaison identiques (1996 en Alsace et 1997 en Bourgogne) les rapports réel/potentiel sont respectivement de 100 et de 81 p. cent, ce qui traduit un déficit de nouaison en Bourgogne en 1997.

Le tableau IV montre que les inflorescences de rang 2 ont en moyenne des taux de nouaison supérieurs aux inflorescences de rang 1. Cependant, elles portent moins de fleurs (tableau III) et on s'attend donc à ce que leur taux de nouaison soit meilleur.

Une analyse de covariance prenant en compte le nombre de fleurs par inflorescence, la position de l'inflorescence, la région et l'année montre qu'à la fois le nombre de fleurs ($p < 0.001$) et la position de l'inflorescence ($p < 0.01$) ont un effet sur le nombre de baies et le taux de nouaison. Ce résultat suggère qu'à nombre de fleurs égal, la nouaison est différente entre une inflorescence de rang 1 et une inflorescence de rang 2.

Pour le Chardonnay, les taux de nouaison sont strictement comparables entre la Bourgogne et la Champagne (tableau IV). Cependant, comme il y a moins de fleurs par rameau en Bourgogne (tableau III), il y a moins de baies par rameau qu'en Champagne. La différence de nouaison entre les inflorescences de rang 1 et de rang 2 est moins marquée que pour le Pinot. Il est vrai que pour le Chardonnay la différence de nombre de fleurs entre les deux types d'inflorescences, de l'ordre de 10 p. cent, est moins importante que pour le Pinot (20 p. cent).

D'une manière globale ni le nombre de fleurs par rameau ($p = 0.57$), ni le nombre de baies par rameau ($p = 0.46$), ni le taux de nouaison ($p = 0.69$) ne sont sta-

tistiquement différents entre les deux variétés. Cependant, l'interaction variété x année est forte ($p < 0.001$) pour le taux de nouaison, ce qui signifie que chaque variété réagit de manière assez autonome face aux conditions de l'année sur la période 1995 à 1997.

DISCUSSION

Le dispositif de l'étude permet de comparer les conditions de production globales de trois régions viticoles pour des variétés communes. Cette comparaison

intègre, au-delà des conditions de sol et de climat, l'effet des modes de conduite et des techniques culturales, des choix en matière de porte-greffe ou de sélection massale ou clonale des greffons.

Le nombre de rameaux par m² est, sauf accident tel qu'une gelée de printemps, très stable entre années et avant tout déterminé par des choix viticoles en fonction des capacités du milieu et des types de vins recherchés.

En Alsace et en Champagne, malgré des modes de conduite différents (densité de plantation, hauteur de

Tableau IV - Données moyennes sur la nouaison

Average data on fruit set

Pinot noir

Région Année	Moyennes 95-98				Moyennes annuelles					
	Alsace	Bourgogne	Champagne	<i>p</i>	1995	1996	1997	1998	1999*	<i>p</i> (95-98)
Nombre de baies sur la grappe de rang 1 (G1)	117	85	127	0,002	110	115	105	118	133	0,088
Nombre de baies sur la grappe de rang 2 (G2)	105	82	120	0,005	115	106	101	101	101	0,084
Nombre de baies par rameau	193	124	207	0,001	179	184	158	193	208	0,058
Taux de nouaison G1 (%)	49,1	56,6	47,7	0,006	41,1	56,5	51,7	55,6	56,1	<0.001
Taux de nouaison G2 (%)	58,6	63,5	55,7	0,107	49,4	64,3	64,4	59,1	57,6	<0.001
Taux de nouaison par rameau (%)	51,6	58,4	50,2	0,012	43,5	58,7	54,8	57,2	56,7	<0.001

* : sans la région Champagne

Chardonnay

Région Année	Moyennes 95-97				Moyennes annuelles					
	Alsace	Bourgogne	Champagne	<i>p</i>	1995	1996	1997	1998	1999	<i>p</i> (95-97)
Nombre de baies sur la grappe de rang 1 (G1)	-	87	112	0,003	99	88	127	-	-	<0.001
Nombre de baies sur la grappe de rang 2 (G2)	-	90	105	0,026	95	85	131	-	-	0,001
Nombre de baies par rameau	-	150	187	0,031	172	150	207	-	-	0,014
Taux de nouaison G1 (%)	-	48,1	48,5	0,726	42,7	45,4	60,6	-	-	<0.001
Taux de nouaison G2 (%)	-	50,0	53,0	0,202	47,5	49,6	64,6	-	-	<0.001
Taux de nouaison par rameau (%)	-	50,4	50,7	0,726	44,5	47,8	63,5	-	-	<0.001

**Tableau V - Comparaison des températures moyennes (°C) du mois d'avril
(source : Météo France, CIVC)**

Comparison of average temperatures (°C) in April

	1995	1996	1997	1998	Moyenne
Colmar (68)	11,2	10,5	9,5	10,1	10,3
Rully (21)	10,8	11,3	11,1	9,8	10,8
Sillery (51)	9,1	9,2	7,9	9,5	8,9

feuillage), les composantes du rendement sont globalement similaires, avec un nombre de grappes par rameau et un nombre de fleurs par inflorescence plus élevés qu'en Bourgogne.

Dans nos observations, 90 p. cent des nombres de fleurs calculés par inflorescence pour le Pinot noir sont compris entre 90 et 373, avec une médiane à 203 fleurs. Ces valeurs de nombre de fleurs, calculées sur l'ensemble du vignoble, sont difficilement comparables à celles notées dans des parcelles données pour les mêmes variétés. Les chiffres de la bibliographie vont ainsi de 60 fleurs par inflorescence environ (BESSIS 1965) à 430 (DELOIRE *et al.*, 1995) pour le Pinot noir.

Les données bibliographiques (CAROLUS, 1970 ; SRINIVASAN et MULLINS, 1981 ; SWANAPOEL et ARCHER, 1988) montrent que l'initiation des inflorescences, ainsi qu'une part mal précisée de leur différenciation, a lieu avant l'entrée en dormance des bourgeons. L'initiation florale plus faible en Bourgogne qu'en Alsace et en Champagne pourrait être liée (BUTTROSE, 1974) à des conditions d'alimentation en eau estivales globalement plus contraignantes du fait de la faible profondeur des sols.

HUGLIN (1958) met par ailleurs en évidence une relation entre vigueur des sarments et fertilité. Une vigueur des plantes plus faible est également un élément qui pourrait expliquer que le potentiel de production, exprimé, en nombre de fleurs par rameau, soit environ inférieur de 40 p. cent en Bourgogne pour le Pinot noir. L'écart est toutefois moins important pour le Chardonnay.

Il n'est pas possible ici de différencier les effets des choix génétiques (clones*porte greffe) des effets des pratiques culturales, notamment en matière de fertilisation.

Un effet des conditions de température à l'époque du débourrement sur le nombre d'inflorescences par rameau et sur le nombre de fleurs par inflorescences est également envisageable (POUGET, 1981). Il est cependant peu probable que ce phénomène intervienne dans notre cas car l'amplitude des écarts de conditions climatiques autour du débourrement entre Alsace et Bourgogne par exemple est faible (tableau V).

Le nombre de baies formées par rameau dépend en premier lieu du nombre de fleurs présentes par rameau. Cette variable explique à elle seule 70 p. cent des variations du nombre de baies sur l'ensemble du dispositif.

Il est clair (figure 1) que le nombre de fleurs par rameau peut constituer un facteur limitant du nombre de baies.

Dans certaines situations cependant (les 3 régions en 1995 et 1997, la Bourgogne en 1996, la Champagne en 1998), le nombre de baies potentiel n'est pas atteint et l'on peut diagnostiquer dans ce cas un déficit de nouaison (figure 1).

Les taux de nouaison sont dans l'ensemble très bons puisqu'ils varient pour le Pinot noir entre 40 et 76 p. cent (Bourgogne en 1995 et 1998 respectivement). Les valeurs obtenues pour le Chardonnay sont du même ordre. Ces chiffres sont dans la gamme de ceux rapportés par BESSIS (1965). Il n'y a pas de situations de « coulure ». La tendance des variations de nouaison est globalement identique dans les trois vignobles. Si les taux de nouaison sont en moyenne un peu plus élevés en Bourgogne, c'est avant tout parce que les rameaux y portent moins de fleurs (BESSIS, 1965 ; HUGLIN et BALTHAZARD, 1975).

En réalité, on peut s'interroger sur l'intérêt de la variable « taux de nouaison » car en définitive le nombre de baies par rameau est, au sein d'une région donnée, une variable relativement stable sur la période étudiée. Les variations du taux de nouaison reflètent, dans nos données, davantage les variations du nombre de fleurs que celles du nombre de baies.

Les résultats de nombreux auteurs (CANDOLFI-VASCONCELOS et KOBLET, 1990 ; CASPARI *et al.*, 1998 ; COOMBE, 1962 ; DELOIRE *et al.*, 1995, KOBLET, 1966 ; SMITHYMAN *et al.*, 1998) montrent que le nombre de baies varie lorsque l'on modifie la disponibilité en assimilats au niveau du rameau ou le ratio végétatif/reproducteur. Une expérience de COOMBE (1962) montre clairement qu'en pratiquant des ablations de fleurs sur des inflorescences de Grenache, le nombre de baies ne change pratiquement pas alors que, mathématiquement, le taux de nouaison augmente lorsque le nombre de fleurs par inflorescence diminue. Dans le cadre d'un déterminisme trophique de la formation des baies, la régulation du nombre de baies dépendrait essentiellement de l'état des réserves, de l'activité photosynthétique et de la compétition avec les organes végétatifs en croissance. Le nombre de baies par rameau, lorsque le nombre de fleurs ne constitue pas une limite, serait alors directement lié la disponibilité en assimilats au niveau de l'inflorescence pendant la période de formation des baies.

Le nombre de fleurs est une variable essentielle pour comprendre comment s'élabore le rendement chez la vigne. Cependant, lorsqu'elle ne constitue pas un facteur limitant, il convient peut-être de chercher à expliquer directement le nombre de baies par rameau, ou les écarts à un potentiel théorique, plutôt que le taux de nouaison.

Cette approche n'est cependant sans doute pas appropriée pour tous les variétés. Nous avons en effet vu que le Chardonnay n'avait pas le même comportement que le Pinot noir. Ainsi, pour les situations que l'on peut comparer, entre 1996 et 1997, on note plutôt une baisse du taux de nouaison et du nombre de baies formées pour le Pinot noir alors que c'est l'inverse pour le Chardonnay. Ces comportements pourraient être en relation avec une gestion différente des réserves comme cela a été suggéré par certains travaux (ZAPATA *et al.*, 1999), mais aussi par une sensibilité plus grande des fleurs aux conditions climatiques au cours de la floraison. Il a été par exemple montré que le taux de fleurs pollinisées avant le rejet des capuchons était une caractéristique variétale (STAUDT, 1999). Des conditions très sèches pendant la floraison, comme en 1996, pourraient avoir pénalisé le processus de fécondation du Chardonnay. Nous n'avons cependant pas d'éléments nous permettant d'être plus précis sur cette hypothèse.

CONCLUSION

Cette étude a permis de bien caractériser l'élaboration du rendement de deux variétés représentatives des vignobles septentrionaux. En sus d'informations objectives sur les pratiques de taille, elle met en évidence d'une part la variabilité du nombre de fleurs par rameau entre années, d'autre part un effet « région » important, avec des inflorescences plus petites et moins nombreuses par rameau en Bourgogne, surtout pour le Pinot noir. La composante du rendement « nombre de fleurs par rameau » détermine un nombre potentiel de baies formées mais d'autres éléments, qui restent à ce stade à préciser, peuvent conduire à ce que ce potentiel ne soit pas atteint. Un souci de maîtrise des rendements semble passer davantage, pour un cépage tel que le Pinot noir, par une maîtrise du nombre de fleurs par rameau que par une maîtrise du taux de nouaison.

L'analyse ultérieure de ces données vise à quantifier l'incidence des conditions de milieu à l'échelle régionale, avant tout climatiques, sur les paramètres de l'élaboration du nombre de baies.

Remerciements : cette étude a été réalisée dans le cadre du réseau Vignes et Vins Septentrionaux et financée par les régions Alsace, Bourgogne et Champagne.

REFERENCES

- BESSIS R., 1965. Recherches sur la fertilité et les corrélations de croissance entre bourgeons chez la vigne (*Vitis vinifera* L.). Thèse de docteur ès sciences naturelles, Université de Bourgogne.
- BUTTROSE M.S., 1974. Fruitfulness in grapevines : effects of water stress. *Vitis*, **12**, 299-305.
- 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.
- CAROLUS M., 1970. Recherches sur l'organogénèse et l'évolution morphologique du bourgeon latent de la vigne (*Vitis vinifera* L. var. Merlot). Thèse de 3^e cycle. Université Bordeaux I.
- CASPARI H.W., LANG A. et ALSPACH P., 1998. Effects of girdling and leaf removal on fruit set and vegetative growth in grape. *Am. J. Enol. Vitic.*, **49**, 359-366.
- 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.
- DELOIRE A., MULLER B., BERLIOZ G. et PANIGAI L., 1995. Influence de la lumière sur la floraison des cépages Chardonnay et Pinot noir en Champagne : relation avec la coulure. *Prog. Agric. Vitic.*, **112**, 347-350.
- HUGLIN P., 1958. Recherches sur les bourgeons de la vigne : initiation florale et développement végétatif. Thèse es sciences, Université de Strasbourg.
- HUGLIN P. et BALTHAZARD J., 1975. Variabilité et fluctuation de la composition des inflorescences et des grappes chez quelques variétés de *Vitis vinifera*. *Vitis*, **14**, 6-13.
- HUGLIN P. et SCHNEIDER C., 1998. *Biologie et écologie de la vigne*. Ed. Lavoisier, Paris.
- KOBLET W., 1966. Fruchtansatz bei Reben in Abhängigkeit von Triebbehandlung und Klimafaktoren. *Wein-Wiss.*, **21**, 345-379.
- 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/inflorescences In : C.R. 4^e Symp. int. *Physiologie de la Vigne* ; Turin/Italie, 11-15 mai 1992. Ed. Fondazione Giovanni Dalmasso. p.133-136.
- SCHNEIDER C., 1995. La prévision, un outil pour la maîtrise des fluctuations de rendement en viticulture. In : 8^e journées du Groupement Européen d'Études des Systèmes de Conduite de la Vigne (GESCO), 3-5 juillet 1995, Vairao/Portugal. p. 240-246.
- 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.
- SRINIVASAN C. et MULLINS M.G., 1981. Physiology of flowering in the grapevine. A review. *Am. J. Enol. Vitic.*, **32**, 47-63.

STAUDT G., 1999. Opening of flowers and time of anthesis in grapevines, *Vitis vinifera* L.. *Vitis*, **38**, 15-20.

SWANEPOEL J.J. et ARCHER E., 1988. The ontogeny and development of *Vitis vinifera* L. cv. Chenin blanc inflorescence in relation to phenological stages. *Vitis*, **27**, 133-141.

ZAPATA C., MAGNE C., BRUN O., AUDRAN J.C., DELEENS E., CHAILLOU S., 1999. La coulure chez la vigne. Rôle des réserves carbonées et azotées. *Le Vigneron Champenois*, **5**, 43-54.

Reçu le 30 octobre 2001
accepté pour publication le 21 novembre 2001
