ETUDE DE LA MATURATION DU RAISIN CONSIDEREE GRAIN PAR GRAIN

E. PEYNAUD, G. GUIMBERTEAU et P. NAUZIN
Station Agronomique et Œnologique de Bordeaux

L'analyse faite grain par grain permet de chiffrer l'hétérogénéité des baies de raisin suivant leur grosseur, leurs teneurs en sucre, en acidité, et d'étudier la répartition des baies d'après ces divers paramètres. Elle permet de dégager grâce à l'analyse statistique certaines relations entre constituants : la grosseur du raisin est assez indépendante de la richesse en sucre ou en acidité, alors qu'il y a des facteurs communs entre ces deux constituants. Par contre l'étude grain par grain ne donne pas une meilleure image de l'évolution du raisin au cours de la maturation et n'éclaire pas mieux les phénomènes biochimiques.

L'étude de la maturation du raisin se heurte à des difficultés qu'ont parfaitement définies RIBEREAU-GAYON (1958), SAULNIER-BLACHE et BRUZEAU (1963, 1966, 1967) et qui tiennent à la grande variabilité, à un moment donné, de la constitution d'une baie à une autre sur la plante ; en réalité c'est au niveau du grain en place que devraient être étudiés le développement, la respiration, le stockage des sucres, la diminution des acides, l'évolution des polyphénols, et non sur un échantillon d'une population hétérogène de baies. En effet il est certain que le phénomène moyen observé dans la constitution du jus d'un ensemble de quelques centaines de grains de raisin n'est pas représentatif du rythme des phénomènes biochimiques de l'évolution d'un seul grain. Si les auteurs précédents ont pu suivre dans le temps le développement d'un même grain et l'évolution de son intensité respiratoire, d'autes paramètres sont inaccessibles sur le fruit en place, par exemple sa composition interne en sucres, en acides et autres constituants.

Nous avons voulu dans ce travail chiffrer l'hétérogénéité d'une population de grains de raisins et déterminer les relations statistiques entre le poids, les sucres, l'acidité. Nous avons voulu voir également s'il était possible, en analysant un prélèvement de raisins grain par grain, de serrer de plus près certains phénomènes de la maturation.

MODE OPÉRATOIRE

A intervalles réguliers dans le cours du mois de septembre 1968, on a prélevé un échantillonnage moyen dans une pièce de vignes du cépage Merlot située à Pessac (région des Graves). Pour ce faire, on coupait 100 baies au hasard à raison d'une baie par pied, sans les choisir, c'est-à-dire sans les regarder ; le pédicelle du grain était coupé à la pointe des ciseaux en laissant le bourrelet attaché au grain. Les prélèvements successifs ont été effectués sur les mêmes pied de vigne. En raison de l'importance du travail d'analyse, nous nous sommes limités à 100 baies, bien que ce nombre ne soit pas toujours suffisant pour donner une moyenne significative de l'état de maturité d'une récolte.

Portées au laboratoire, les baies étaient aussitôt pesées une à une, placées individuellement dans un bécher de 100 cm^3 et bien écrasées avec un agitateur en verre à bout plat. Avec le même agitateur une goutte de jus ainsi obtenu était portée sur le prisme d'un réfractomètre à main ; on notait la richesse en sucre correspondante. Puis le prisme du réfractomètre était lavé par un jet d'eau distillée recueillie dans le bécher. L'acidité du grain était titrée toujours dans le même bécher avec la soude N/20 en présence de bleu de bromothymol, en complétant l'écrasement du grain. On obtenait ainsi par ce procédé le poids d'un grain, sa richesse en sucres exprimées en grammes par litre de jus et sa richesse en acides exprimée en microéquivalents pour un grain.

RÉSULTATS

Cinq prélèvements successifs ont été effectués les 9, 13, 16, 20 et 23 septembre. Les résultats complets forment cinq tableaux analogues au tableau 1 que, par simplification, nous donnons seul ici. Pour chaque grain, l'acidité a aussi été rapportée au gramme de raisin et nous avons calculé le rapport sucres/acidité.

Le tableau 2 rassemble les valeurs extrêmes et moyennes obtenues pour chaque prélèvement.

Les résultats ont encore permis d'établir une série d'histogrammes représentatifs de la répartition des grains de raisins suivant leur grosseur, leur taux de sucre ou d'acidité. Les figures 1, 2 et 3 en donnent quelques exemples. Pour les tracer, on a arbitrairement séparé les résultats analytiques des 100 baies de raisins en 25 groupes, de 0,1 g en 0,1 g pour le poids, de 4 g en 4 g pour les sucres, de 4 µ éq en 4 µ éq pour l'acidité. On a compté le nombre de baies correspondant à chacun de ces groupes et tracé ainsi les colonnes de l'histogramme.

TABLEAU I

Constitution individuelle de 100 grains de raisins
Raisin Merlot

Prélèvement du 23 septembre 1968. Le poids d'un grain est exprimé en mg, les sucres en g par litre, l'acidité en microéquivalents. Les résultats sont classés dans l'ordre des poids croissants des grains.

N°	Poids d'un grain	Sucres du jus	Acidité d'un grain	Acidité de 1 g de raisin	Sucre / Acidité
1	800	173	90		1,5
2	966	114	130	136	0,8
3	984	144	150	154	0,9
4	1005	152	100	100	1,5
5	1084	211	90	83	2,5
6	1107	170	90	82	2,0
7	1151	177	125	109	1,6
8	1163	160	110	95	1,5
9	1167	178	150	130	1,3
10	1207	194	140	117	1,6
11	1211	132	165	136	0,9
12	1215	180	120	100	1,8
13	1236	200	110	90	2,2
14	1238	200	90	73	2,7
15	1252	207	105	85	2,4
16	1291	180	130	100	1,8
17	1340	196	180	135	1,4

TABLEAU I (suite)

N°	Poids d'un grain	Sucres du jus	Acidité d'un grain	Acidité de 1 g de raisin	Sucre / Acidité
18	1388	163	170	124	1,3
19	1398	190	120	85	2,0
20	1391	175	130	93	1,8
21	1420	218	100	70	3,1
22	1421	202	140	100	2,0
23	1431	211	110	77	2,7
24	1453	194	130	90	2,1
25	1470	197	140	90	2,1
26	1480	195	140	87	2,2
27	1490	196	130	93	2,1
28	1504	178	190	126	1,4
29	1537	184	160	104	1,7
30	1539	187	120	78	2,3
31	1556	199	140	90	2,2
32	1562	183	160	101	1,5
33	1583	155	135	85	2,1
34	1585	195	170	108	1,8
35	1600	124	250	155	0,8
36	1601	199	120	75	2,6
37	1607	168	130	81	2,0
38	1614	182	150	93	1,9
39	1624	174	135	83	2,0
40	1630	145	150	92	1,5
41	1645	140	175	106	1,3
42	1662	150	140	84	1,7
43	1664	162	140	84	1,3
44	1665	167	200	120	1,9
45	1682	177	100	60	2,9
46	1683	194	150	90	2,1
47	1684	205	110	65	3,0
48	1685	138	180	107	1,2
49	1731	186	180	104	1,7
50	1742	170	180	103	1,0
51	1748	160	140	81	1,9
52	1772	172	210	118	1,4
53	1779	197	130	73	2,0
54	1802	185	160	89	2,0
55	1903	187	150	84	2,2
56	1815	172	150	83	2,0
57	1851	182	180	98	1,8
58	1852	172	180	98	1,7
59	1872	152	140	75	2,0
60	1875	175	170	96	1,8

TABLEAU I (suite)

N°	Poids d'un grain	Sucres du jus	Acidité d'un grain	Acidité de 1 g de raisin	Sucre / Acidité
61	1879	155	180	96	1,6
62	1893	163	230	122	1,3
63	1929	177	210	109	1,6
64	1960	162	180	92	1,7
65	1973	160	150	76	2,1
66	1989	196	130	66	2,9
67	1997	177	170	85	2,0
68	2002	169	190	95	1,7
69	2023	181	150	74	2,4
70	2024	158	170	84	1,8
71	2030	170	190	93	1,8
72	2042	170	160	79	2,1
73	2062	163	200	97	1,6
74	2070	180	180	87	2,0
75	2137	187	210	98	1,9
76	2144	190	200	93	2,0
77	2169	181	200	92	1,9
78	2203	150	200	91	1,6
79	2208	189	160	73	2,5
80		185	240	107	1,7
81	2273	179	290	128	1,3
82	2280	173	230	100	1,7
83	2295	162	190	83	1,9
84	2301	180	200	87	2,0
85	2304	164	220	95	1,7
86	2305	174	190	165	1,0
87	2319	173	200	86	2,0
88	2321	176	220	95	1,8
89	2356	158	220	94	1,6
90	2385	186	210	88	2,1
91	2391	172	240	100	1,7
92	2400	192	235	97	1,9
93	2416	165	200	83	2,0
94	2496	154	220	88	1,7
95	2564	156	260	102	1,5
96	2675	140	200	75	1,8
97	2718	171	280	103	1,6
98	2817	178	280	100	1,7
99	2955	176	320	100	1,6
100	3236	173	320	108	1,7
Minimum	800	114	90	60	0,8
Maximum	3236	218	320	165	3,1
Moyenne	1801	175		96	1,82

TABLEAU II

Maturation suivie par la constitution individuelle de 100 grains de raisin

Le poids d'un grain est exprimé en mg, les sucres en g par litre, l'acidité en microéquivalents.

Dates		Poids d'un grain	Sucres	Acidité de 1 g de raisin	Sucres / Acidité
9/9/68	Minimum	1059	78	81	0,7
	Maximum	3022	198	162	2,5
	Moyenne	**1949**	**168**	**116**	**1,44**
13/9/68	Minimum	1100	96	68	0,5
	Maximum	3110	204	208	2,8
	Moyenne	**1851**	**168**	**108**	**1,55**
19/9/68	Minimum	853	122	53	0,6
	Maximum	3415	208	228	3,6
	Moyenne	**1776**	**171**	**104**	**1,64**
20/9/68	Minimum	963	104	70	0,9
	Maximum	3347	218	146	2,7
	Moyenne	**1837**	**180**	**99**	**1,81**
23/9/68	Minimum	800	114	60	0,8
	Maximum	3236	218	165	3,1
	Moyenne	**1801**	**175**	**96**	**1,82**

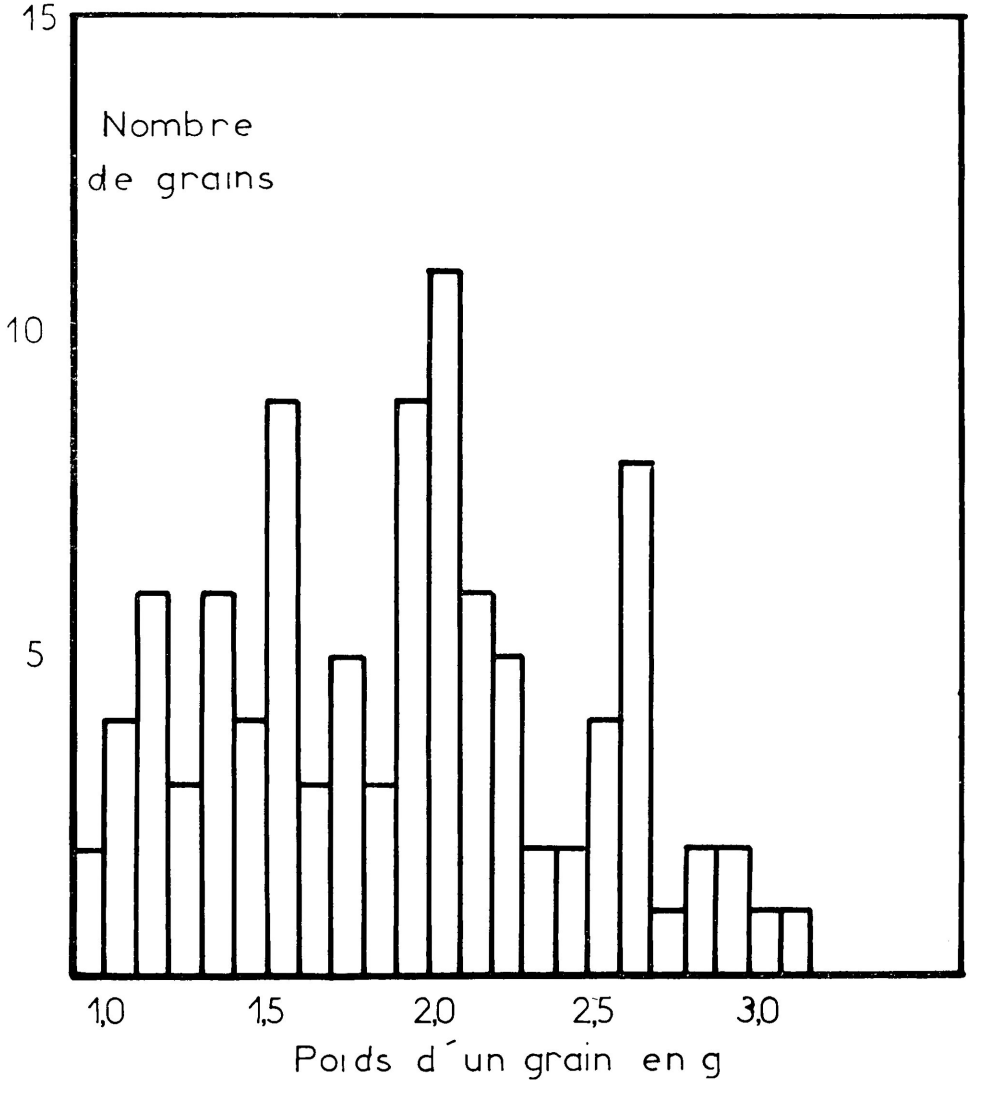


Fig. 1 — Répartition selon leur poids individuel, de 100 mg en 100 mg, de 100 grains de raisins Merlot (23 septembre 1968).

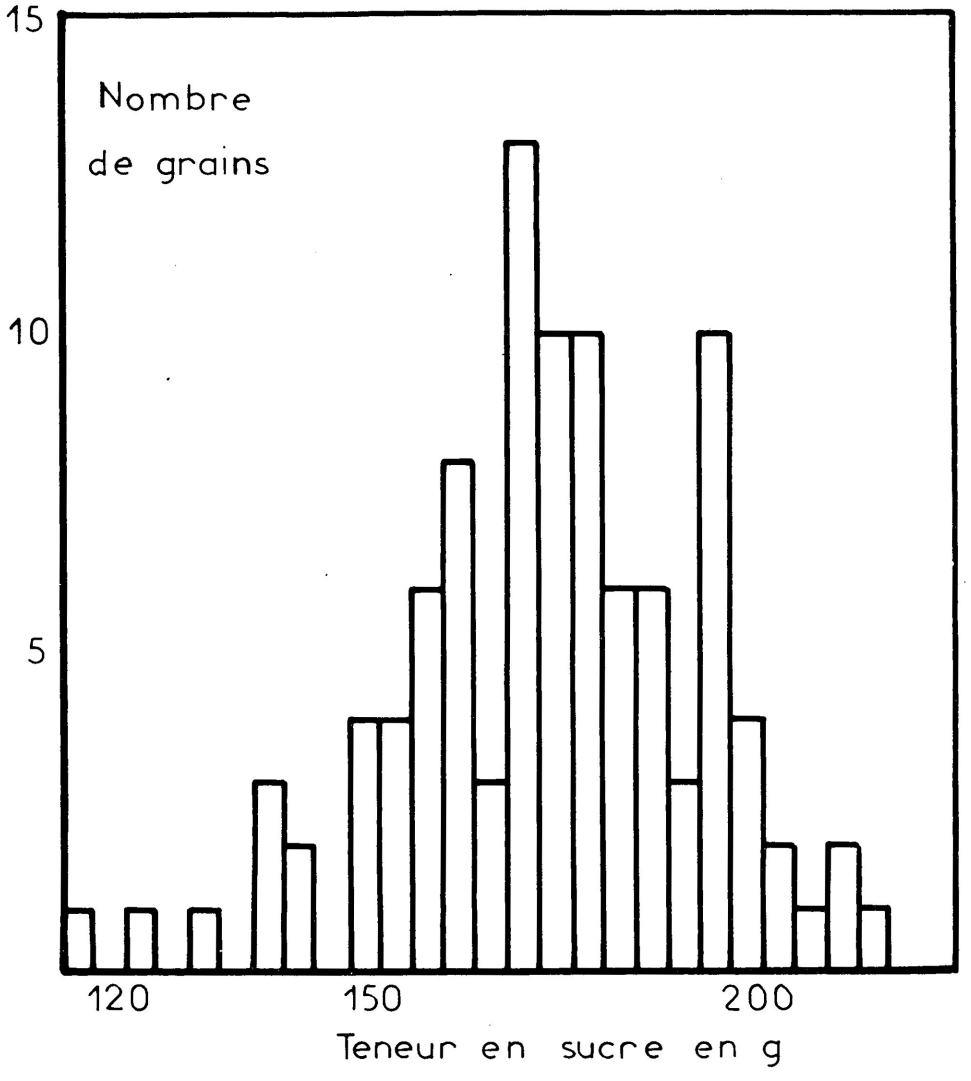


Fig. 2 — Répartition de la richesse individuelle en sucres, de 4 g en 4 g par litre de jus, de 100 grains de raisins Merlot (23 septembre 1968).

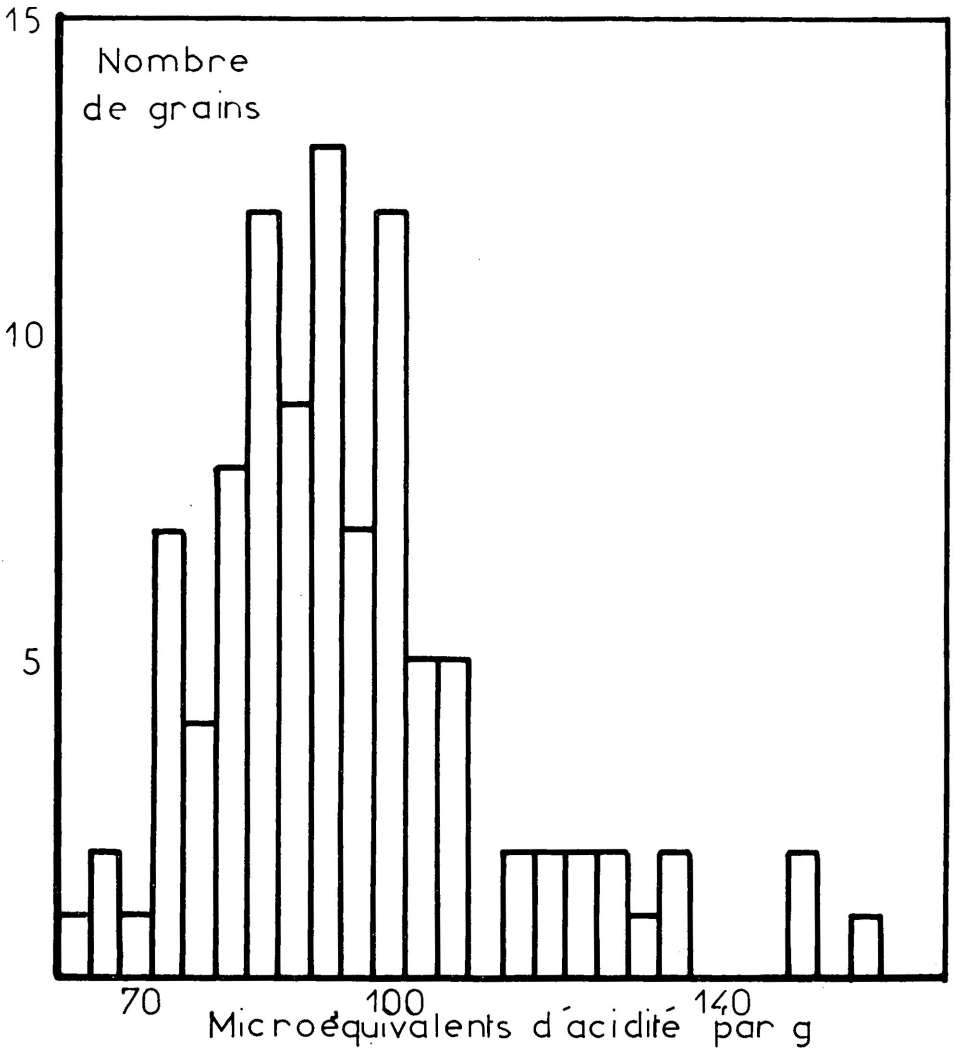


Fig. 3 — Répartition de la richesse individuelle en acidité, de 4 en 4 micro-équivalents par gramme de raisin, de 100 grains de raisins Merlot (23 septembre 1968).

TABLEAU III

Corrélation entre X 1 et les autres paramètres

Dates	$\overline{X}$ 1	δ	$\overline{X}_1$ /X2	$\overline{X}_1$ /X 3	$\overline{X}_1$ /X 4	$\overline{X}_1$ /X 5
9/9	1948	433	— 0,108	0,780	— 0,102	0,032
13/9	1832	405	— 0,053	0,693	— 0,021	— 0,049
16/9	1776	477	— 0,171	0.774	— 0,178	— 0,248
20/9	1835	440	— 0,134	0,783	— 0,056	— 0,050
23/9	1802	469	— 0,111	0,830	— 0,140	— 0,001
Total	1839	449	— 0,138	0,753	0,020	— 0,111

TABLEAU IV

Corrélation entre X 2 et les autres paramètres

Dates	$\overline{X}$ 2	δ	$\overline{X}_2$ /X3	$\overline{X}_3$ /X4
9/9	162	19	— 0,223	— 0,132
13/9	168	18	— 0,517	— 0,670
16/9	171	18	— 0,472	— 0,596
20/9	175	18	— 0,332	— 0,396
23/9	174	18	— 0,283	— 0,361
Total	170	19	— 0,414	— 0.488

TABLEAU V

Corrélation entre X3 X4 et les autres paramètres

Dates	$\overline{X}$ 3	δ	$\overline{X}$ 4	δ	X 5	δ
9/9	226	59	116	19	1,426	0,307
13/9	198	64	108	27	1,654	0,449
16/9	188	75	104	25	1,770	0,530
20/9	181	53	99	18	1,821	0,415
23/9	169	48	96	18	1,828	0,447
Total	192	63	105	23	1,699	0,461

Enfin, grâce à la collaboration de P. SAULNIER-BLACHE, une étude des corrélations qui peuvent exister entre les divers paramètres des grains de raisins considérés un par un a été confiée à un ordinateur IBM. Les tableaux 3, 4 et 5 expriment les résultats de cette analyse statistique. Ces paramètres sont les suivants :

X 1 = poids en mg.

X 2 = concentration en sucres dans le jus.

X 3 = acidité d'un grain en microéquivalents.

X 4 = acidité d'un gramme de raisin en microéquivalents.

X 5 = rapport sucres/acidité = X 2/X 4.

Les prélèvements successifs étant forcément indépendants dans le temps, on ne peut calculer les corrélations qu'à l'intérieur d'un même prélèvement. Une étude sur l'évolution des corrélations nécessiterait des mesures **in-situ** sur une population restant identique du premier au dernier prélèvement, ce qui n'est évidemment pas réalisable pour les constituants chimiques du grain.

DISCUSSION DES RESULTATS

Les tableaux I et II montrent la grande variabilité de l'état et de la composition des grains de raisin d'un même vignoble à une date fixe. Le poids et la grosseur des baies récoltées varient de 1 à 3 ou de 1 à 4 et vraisemblablement l'écart réel est encore plus important que celui qui apparaît ici, car la technique de prélèvement du premier grain touché favorise malgré les soins de l'opérateur la cueillette des grains les plus volumineux. La recherche sur place de grains de grosseurs extrêmes donne des rapports de poids de 1 à 6, même sans tenir compte des grains incomplètements formés ou grains millerands.

La richesse en sucre varie de 1 à 2 ou de 1 à 2,5, aussi bien d'ailleurs le 9 septembre que le 23, et le taux d'acidité de 1 à 2 ou de 1 à 4 suivant les prélèvements. Les raisins semblent se différencier davantage d'après leurs teneurs en acides que d'après leurs teneurs en sucres. Quant au rapport sucres/acidité, il varie plus que ses deux termes, parfois de 1 à 6. Cela signifie qu'il peut exister des raisins à la fois riches en acides et en sucres, ou encore pauvres à la fois en ces deux éléments, on en trouve des exemples dans le tableau I, mais que dans la majorité des cas un taux élevé de sucres s'accompagne d'un faible taux d'acidité.

L'évolution de la maturation pendant les 14 jours de l'expérience est inscrite dans le tableau II. L'évolution de la grosseur du grain apparaît irrégulière, vraisemblablement pour la raison citée plus haut, et aussi sans doute parce que, comme nous l'avons déjà souligné, 100 grains ne constituent pas un nombre suffisant pour représenter une population aussi hétérogène. Par contre l'augmentation du sucre est régulière, quoique faible à cause des conditions météorologiques défavorables de septembre 1968. La diminution graduelle de l'acidité est très nette pour des périodes pourtant très courtes de 3 à 4 jours. De même l'amélioration progressive du rapport sucres/acidité est nettement marquée.

Mais en réalité, cette méthode d'analyse grain par grain n'est pas capable de donner une meilleure image de la dynamique de la maturation que la technique habituelle et que l'analyse d'un jus obtenu par le pressurage de l'ensemble d'un prélèvement.

La forme des histogrammes est assez révélatrice de la dispersion des critères déterminés. Si l'on considère la grosseur des grains, les histogrammes ne présentent pas la forme régulière d'une courbe de Gauss, mais généralement celle du chevauchement de trois courbes, correspondant à trois groupes différents de diamètre des baies. Peut-être aurait-il fallu relier le poids du grain au nombre de pépins, puisque cette relation est connue pour quelques cépages. On remarque encore que le sommet correspond à des baies dont la grosseur est nettement au-dessous de la moyenne arithmétique et qu'il est suivi d'un étalement vers la droite, ce que l'on peut traduire en disant qu'il existe dans un échantillonnage de grains de raisin un nombre important de baies de volume moyen accompagnées d'un petit nombre de grosses baies et de baies de taille exceptionnelle.

La répartition des teneurs en sucres de la pulpe n'est pas non plus symétrique autour d'un sommet moyen. Il existe peu de grains très sucrés, mais il y a à l'inverse beaucoup de grains très peu sucrés, qui accusent donc un retard important de maturation.

On aboutit à la même conclusion dans l'examen des graphiques tracés avec les acidités des grains. Un petit nombre de baies non mûres accusent de fortes acidités et étalent nettement les histogrammes vers la droite.

En somme on peut dire que la population des baies de raisin considérées au moment de la maturité et de la cueillette comporte 20 p. 100 de baies insuffisamment mûres, dont le taux de sucre ne correspond qu'aux

deux tiers de la richesse moyenne et dont la teneur en acidité atteint presque le double de la normale. A cause de ces baies retardataires, on peut estimer que la teneur en sucre d'une récolte est abaissée de 10 p. 100 et que son acidité est élevée d'une proportion encore plus forte.

Lorsqu'on donne le conseil d'attendre une pleine maturité des raisins, c'est donc en fait surtout dans le but d'améliorer la maturité de ces baies retardataires.

L'exploitation de l'analyse statistique des résultats appliquée prélèvement par prélèvement, qui a été faite par P. SAULNIER-BLACHE, permet de faire trois constatations.

1° Il était fatal que l'une des corrélations X 1 / X 3 ou X 1 / X 4 soit une corrélation analogue à celles qui lient X 5 avec X 2 et X 4. En effet la variable X 1 a été utilisée pour passer de X 3 à X 4. On fait alors cette constatation intéressante que la corrélation systématique est X 1 / X 3 est que X 4 se comporte vis-à-vis de X 1 à peu près comme une variable indépendante. Il apparaît donc que X 4 est la grandeur la plus représentative de l'acidité et qu'il existe entre elle et le poids d'un grain qu'une corrélation faible. Ce qui signifie en clair que le niveau d'acidité d'un grain est à peu près indépendant de son poids.

2° La corrélation entre X 2 et X 1 est faible, ce qui veut dire que la richesse en sucred'un grain est indépendante de son poids.

3° Il existe une corrélation non négligeable entre X 2, c'est-à-dire la concentration en sucre, et X 4, c'est-à-dire la concentration en acidité.

En résumé il semble qu'il y ait certains facteurs communs entre la richesse en sucre d'un grain et ceux qui déterminent son niveau d'acidité, et que par contre les facteurs qui régissent la croissance pondérale du grain soient complètement indépendants des précédents. C'est bien ce qui avait été jusqu'ici observé par d'autres moyens.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

SAULNIER-BLACHE P., 1963. Etude du développement du raisin.
I. Croissance, accumulation des protéines et respiration pendant le passage de la phase végétative à la maturation.
Ann. Phys. végétale, 5, 217-228.

SAULNIER-BLACHE P. et BRUZEAU F., 1966. Développement du raisin. II. Validité de la méthode d'échantillonnage utilisée et structure des populations de grains de raisin.
Ann. Phys. végétale, 8, 25-37.

SAULNIER-BLACHE P. et BRUZEAU F., 1967. Développement du raisin. III. Nouvelles recherches sur la croissance et la respiration pendant le passage de la phase de croissance végétative à la maturation.
Ann. Phys. végétale, 9, 179-196.

RIBÉREAU-GAYON G., 1958. **Contribution à l'étude de la maturation du raisin.** Diplôme Etudes Supérieures, Bordeaux.