

# INFLUENCE DE L'HUMIDITÉ RELATIVE ET DE LA VITESSE DE CIRCULATION DE L'AIR SUR LA CONSERVATION DU RAISIN MUSCAT DE HAMBOURG, EN FRIGORIFIQUE <sup>(1)</sup>

Le raisin de table est, de façon générale, considéré comme un fruit se conservant mal. Dans un passé encore proche, on ne connaissait que trois techniques de conservation du raisin : la dessiccation, la conservation sur souche dans les régions à automne doux, et enfin la conservation des grappes séparées de la souche, et alimentées ou non en eau (raffe humide (procédé de Thomery) ou raffe sèche). Malheureusement, ces techniques, ou bien, altèrent la qualité du raisin, le transformant en un produit dont le goût ne rappelle que d'assez loin celui du raisin frais, ou bien, sont de mise en œuvre onéreuse.

Le froid permet de conserver le raisin de table pendant un temps assez long. Toutes les variétés de raisin ne se comportent pas également bien au froid ; certaines d'entre elles peuvent être entreposées non seulement jusqu'à Noël, mais encore jusqu'en février et même jusqu'en mars.

Parmi les variétés les plus aptes à être conservées par le froid il convient de citer le Muscat de Hambourg, connu également sous le nom de Muscat Rouge Foscati ou encore Black Muscat of Alexandra <sup>(2)</sup>. C'est la raison pour laquelle nous avons choisi cette variété de raisin de table pour effectuer un essai de conservation dans des conditions aussi parfaitement définies que possible. Nous donnerons ici les résultats obtenus sur l'évolution de l'état sanitaire, la perte de poids, la saveur, et différents autres tests intéressants du point de vue commercial.

## I. PRINCIPE DES TECHNIQUES UTILISÉES

### A. Conditions de conservation.

Le raisin Muscat de Hambourg utilisé pour ces essais provenait d'un vignoble de la Tour d'Aigues dans le Vaucluse. Il a été expédié dans les délais les plus brefs à la Station Expérimentale du Froid de Bellevue. Il ne s'est pas écoulé plus de 24 heures entre la cueillette et l'entrée en chambre froide.

Six lots ont été constitués, et chacun d'eux a été placé

(1) Travail effectué à la Station expérimentale du Froid de Bellevue (C. N. R. S.).

(2) Le synonyme de Muscat de Hambourg : Black Muscat of Alexandra est donné par le *Verger Français* (I, 1947).

Muscat Rouge Foscati est, d'après Bovay, un autre synonyme de cette variété.

dans une cellule expérimentale. Toutes les cellules ont été maintenues à la température de 0°C. Trois d'entre elles étaient parcourues par un débit d'air de 4 l/m, les trois autres par un débit d'air de 9 l/m. Les vitesses moyennes théoriques <sup>(1)</sup> correspondant à ces débits étaient respectivement de l'ordre de 0,4 mm/s et 1 mm/s. L'humidité relative de l'atmosphère de chaque cellule a été maintenue constante pendant toute la durée des essais. Pour chacun des débits utilisés, l'humidité de l'air était soit 0,65, soit 0,80, soit 0,98. L'air circulait en circuit ouvert. Sa composition était celle de l'air atmosphérique normal.

Pour alléger le texte, nous définirons chaque lot par 2 chiffres, le premier indiquant l'humidité relative, le second le débit de l'air traversant la cellule. Par exemple, le lot 0,8-9 désigne le lot de raisin placé dans la cellule expérimentale dont l'humidité relative de l'atmosphère était 0,8 et dont le débit était 9 l/m. Le tableau 1 indique les conditions qui ont été ainsi réalisées.

TABLEAU 1.  
Conditions de conservation.

Température	0°C					
	4 litres/minute			9 litres/minute		
Débit						
Humidité relative	0,65	0,80	0,98	0,65	0,80	0,98
Appellation des lots	0,65-4	0,80-4	0,98-4	0,65-9	0,80-9	0,98-9

### B. Méthodes utilisées.

#### I. L'INSTALLATION DE CONDITIONNEMENT DE L'AIR <sup>(2)</sup>.

L'installation de conditionnement de l'air utilisée pour ces essais satisfait aux deux conditions suivantes :

(1) La vitesse moyenne théorique est déterminée en admettant que le régime d'écoulement de l'air est purement laminaire.

(2) Cette installation est décrite dans une thèse d'ingénieur docteur actuellement en cours de rédaction.

— maintenir constants dans le temps la température, le degré hygrométrique et la vitesse de circulation de l'air ;  
— permettre de régler chacun de ces facteurs d'une manière indépendante.

a) *Réglage de la température.* — Le procédé utilisé a été déjà décrit ici même (1). Les cellules qui contiennent les fruits sont disposées dans un étuve isotherme placée dans une chambre froide dont la température est maintenue constante à 1 ou 2° près. Celle de l'étuve, toujours supérieure à la température de la chambre froide de quelques degrés, est maintenue constante à 1/10°C près par un chauffage électrique à commande thermostatique.

b) *Réglage du degré hygrométrique.* — Le principe, dû à P. LAINE, du réglage du degré hygrométrique de l'air parcourant les cellules expérimentales a été exposé au Congrès International du Froid de Londres en 1951 (2). Ce réglage est fondé sur le fait que l'air saturé de vapeur d'eau sous la pression absolue P et à la température  $\theta$  fournit, après détente par laminage jusqu'à la pression atmosphérique  $P_a$  et à la température  $\theta$ , un air dont le degré hygrométrique est  $\frac{P_a}{P}$ .

L'installation de conditionnement de l'air se compose d'un poste de compression d'air. Les compresseurs, fonctionnant sans huile afin d'éviter tout risque de pollution de l'air des cellules, sont des compresseurs à anneau d'eau. L'air refoulé est chaud et saturé d'humidité. Afin d'éviter la condensation de l'eau dans les conduites traversant les chambres froides, l'air comprimé est séché.

Cet air est envoyé dans les étuves isothermes. Il est d'abord détendu à une pression absolue P telle que le rapport  $\frac{P_a}{P}$  soit égal au degré hygrométrique désiré. Il est saturé d'humidité à la pression P dans un saturateur, puis détendu à la pression atmosphérique et enfin introduit dans la cellule chargée de fruits en essai.

c) *Réglage de la vitesse de circulation de l'air.* — Le débit de l'air traversant les cellules expérimentales dépend de l'ouverture des deux détendeurs signalés plus haut. On peut en effet obtenir la même pression de saturation P et donc le même degré hygrométrique par une infinité de couples de détendeurs. Ces couples de détendeurs ne diffèrent entre eux que par la valeur du débit d'air qui les traverse.

## 2. DÉTERMINATION DE L'ÉTAT SANITAIRE.

L'état sanitaire du raisin a été défini par le pourcentage de grains malades par rapport au nombre total de grains.

(1) *Fruits d'Outre-Mer*, 1946, 1, 328.

(2) P. LAINE et A. GAC. Installation expérimentale comportant de petites cellules dans lesquelles on peut régler à volonté et maintenir constantes et homogènes les conditions de température, degré hygrométrique et vitesse de circulation d'air (Congrès International du Froid, Londres, 1951).

Les grains malades sont des grains couverts de moisissures, qui pourrissent ou qui, mal attachés, tombent lorsque l'on secoue légèrement la grappe. Il aurait été souhaitable de déterminer ce pourcentage pour toutes les grappes d'une cellule. Il est bien certain qu'un tel comptage ne peut être répété à plusieurs reprises sur les mêmes grappes du fait de leur fragilité. Nous avons donc été dans l'obligation de n'effectuer cette détermination que sur les seules grappes prélevées à un moment donné.

## 3. DÉTERMINATION DE LA PERTE DE POIDS.

Les lots d'une même cellule expérimentale ont été pesés à la balance automatique au début des essais, puis à des intervalles de temps réguliers. Les résultats ont été exprimés soit sous la forme de perte de poids totale, soit sous la forme de perte de poids relative par 24 heures.

La perte de poids totale est la perte de poids exprimée en pourcentage du poids frais initial.

La perte relative par 24 heures, pendant une période donnée, est le taux moyen de perte de poids, pendant cette période, exprimé en %, par 24 heures, par rapport au poids frais initial.

La balance utilisée permettait de peser 100 g sans surcharge, et 2 kg au maximum avec une approximation de  $\pm 0,3$  g.

## 4. DÉTERMINATION DE LA RÉSISTANCE DES GRAINS A L'ARRACHEMENT.

La résistance des grains à l'arrachement a été déterminée de la façon suivante : le grain et son pédicelle sont séparés de la grappe. Le pédicelle est enfilé dans un orifice tronconique foré dans une plaque de matière plastique, maintenue horizontalement. Le grain est orienté vers le haut. À l'extrémité du pédicelle est fixée, par l'intermédiaire d'une pince, un réservoir très léger dans lequel est versé lentement du mercure jusqu'à ce que se produise l'arrachement du pédicelle. La résistance à l'arrachement est déterminée par le poids total du réservoir et du mercure qui a provoqué la rupture.

## 5. DÉTERMINATION DE L'ODEUR ET DE LA SAVEUR.

L'odeur et la saveur sont définies par des adjectifs aussi descriptifs que possible. L'odeur est appréciée sur des grappes comportant uniquement des grains sains ; tous les grains abîmés sont enlevés au préalable. La saveur et l'odeur sont appréciées par des opérateurs entraînés, dans l'ignorance complète des conditions de conservation des échantillons qui leur sont présentés.

## 6. DÉTERMINATION DE LA COULEUR.

La couleur est déterminée par comparaison avec des planches de référence. Nous avons employé le Code Universel des couleurs de Seguy.

## II. RÉSULTAT DES ESSAIS

### A. Évolution de l'état sanitaire.

Bien que la méthode utilisée soit imparfaite et bien que la structure des grappes diffère d'un échantillon à l'autre <sup>(1)</sup> les résultats obtenus sont cependant significatifs (cf. tableau 2).

TABLEAU 2.

Évolution de l'état sanitaire.  
Nombre de grains altérés  
par rapport au nombre total de grains de l'échantillon.

Jours	0	16	20	28
0,65-9	0	0	0	3,6
0,8-9	0	0	0	3,2
0,98-9	0	0,8	0	22,5
0,65-4	0	0	0	1,1
0,8-4	0	0	0	0,9
0,98-4	0	1,4	3,9	8,6

Les grappes placées en air à peu près saturé se sont plus altérées que celles conservées en air sec, les grappes du lot 0,98-9 ont, en particulier, présenté un pourcentage très élevé de grains malades après seulement 4 semaines d'entreposage au froid (22,5 %).

De façon générale les différences qui existent entre les lots 0,65-9, 0,80-9, 0,65-4 et 0,80-4 sont assez faibles. Mais il semble que les grappes soumises au débit de 9 l/m s'altèrent davantage que celles soumises au débit de 4 l/m. Les grappes mises en essai avaient été ciselées avec grand soin. Il est bien certain que si cette précaution n'avait été observée, les résultats auraient été moins bons, en particulier ceux relatifs aux échantillons placés en air très humide. Aussi de nombreux auteurs ont-ils cherché à déterminer les moyens efficaces de lutte entre le développement des micro-organismes qui existent sur les grains et les rafles. BOVAY <sup>(2)</sup>, en particulier, a signalé l'avantage d'une désinfection au début de la conservation et au cours de

(1) Les grappes dont les grains sont très serrés sont celles qui s'altèrent le plus vite.

(2) E. BOVAY. Le raisin de table, sa conservation en frigorifique (*Revue Romande d'Agriculture, de Viticulture et d'Arboriculture*, n° 7, 1947).

l'entreposage, par l'anhydride sulfureux (à raison de 15 g au m<sup>3</sup>). Nous n'avons pas effectué de semblables essais.

### B. Pertes de poids.

Les résultats des *pertes de poids totales* groupés dans le tableau 3 ne concernent que les grappes conservées jusqu'à la fin de l'essai.

TABLEAU 3.

Pertes de poids totales du raisin,  
en pourcentages, du poids frais initial.

Jours	0	4	8	12	16	20	24	28
0,65-9	0	0,99	1,8	2,52	3,14	4,06	4,85	5,76
0,8-9	0	0,81	1,48	2,02	2,28	2,88	3,30	4,03
0,98-9	0	0,88	1,42	1,46	1,30	1,46	1,50	1,72
0,65-4	0	1,0	1,66	2,30	2,90	3,60	4,45	5,55
0,8-4	0	0,85	1,32	1,74	2,0	2,36	2,74	3,22
0,98-4	0	1,1	1,84	2,37	2,63	3,04	3,22	3,40

La perte de poids est la somme de la perte d'eau de transpiration, de la perte de carbone émis sous forme de gaz carboniques et résultant des réactions internes d'oxydation, et de la perte d'eau évaporée à partir de la rafle. Il serait peut-être possible d'abaisser le taux de perte d'eau par la rafle en paraffinant sa section. D'après G. MATHIEU <sup>(1)</sup> qui a étudié la conservation du raisin Gros-Vert entreposé à + 2°C, la perte de poids, de l'ordre de 2 à 5 % après 2 mois d'entreposage, provenait en totalité de la dessiccation des rafles.

Au cours de l'entreposage, la *perte de poids relative* a décliné régulièrement pendant les 12 premiers jours et est remontée par la suite. Ce résultat paraît lié à l'activité respiratoire des raisins.

Il est à noter que la perte de poids des grappes du lot 0,98-9 a été négative entre le 12<sup>e</sup> et le 16<sup>e</sup> jour. A ce moment les grappes ont gagné du poids. La perte de poids relative du lot 0,98-4 est supérieure à celle du lot 0,8-4. Ce résultat aberrant paraît être dû au fait que les grappes du lot 0,98-4 étaient dans un état de maturation différent de

(1) G. MATHIEU. Sur la conservation du raisin de table de Provence (*C. R. Acad. Agriculture*, 1938, n° 24, p. 307).

celui des grappes composant les autres lots. En effet, malgré tous les soins apportés à la réalisation des lots, le raisin de la cellule 0,98-4 était, au début de l'essai, moins mûr que celui des autres cellules. Il était en particulier d'une couleur légèrement plus claire. Il semble donc que l'état des grappes au moment de la cueillette a une influence très nette sur les résultats ultérieurs de la conservation, et qu'effectivement il est plus avantageux de soumettre à la conservation frigorifique des grappes juste mûres plutôt que des grappes qui le sont insuffisamment.

TABLEAU 4.

Pertes de poids relatives par 24 heures.

Périodes	0/4	4/8	8/12	12/16	16/20	20/24	24/28
0,65-9	0,264	0,2	0,182	0,154	0,233	0,218	0,218
0,8-9	0,216	0,168	0,134	0,07	0,149	0,103	0,175
0,98-9	0,235	0,134	0,012	0,04	0,04	0,01	0,048
0,65-4	0,264	0,166	0,158	0,147	0,182	0,204	0,262
0,8-4	0,228	0,118	0,103	0,063	0,094	0,089	0,115
0,98-4	0,288	0,184	0,132	0,065	0,1	0,043	0,043

## C. Pertes totales.

Dans l'ensemble les pertes de poids les plus faibles ont été obtenues en air saturé. Mais il est à signaler cependant que si l'on fait la somme des pertes de poids résultant des phénomènes de respiration et d'évaporation et des pertes résultant de l'altération des grains du raisin, la conservation en air très humide est de loin la plus défavorable. Après 28 jours d'entreposage, les pertes totales sont en effet les suivantes pour les différents lots :

0,65-9 . . . . .	9,36	%
0,80-9 . . . . .	7,23	%
0,98-9 . . . . .	24,22	%
0,65-4 . . . . .	6,65	%
0,80-4 . . . . .	4,12	%
0,98-4 . . . . .	12,00	%

Il paraît convenable de n'entreposer le raisin que dans des ambiances dont l'humidité relative est de l'ordre de 0,8.

## D. Résistance des grains à l'arrachement.

Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau 5.

TABLEAU 5.

Résistance des grains à l'arrachement, en g.

Jours	0	4	8	12	16	20	28
0,65-9	356	333	232	214	250	185	172
0,8-9	»	279	225	245	247	194	186
0,98-9	»	282	332	273	214	180	147
0,65-4	»	285	253	237	230	187	173
0,8-4	»	242	323	314	230	202	190
0,98-4	»	268	330	275	255	198	180

La résistance à l'arrachement décroît assez régulièrement au cours de l'entreposage, mais après 4 semaines de séjour à 0°C, la résistance moyenne des grains est encore comprise entre 150 et 180 g. Il est assez difficile de distinguer l'importance des conditions physiques d'entreposage sur ce facteur. Dans l'ensemble, les grains de l'extrémité de la grappe sont plus solidement attachés que ceux de la région supérieure. Cette observation est en accord d'ailleurs avec les résultats de DUPAIGNE (1). Cette qualité paraît être primordiale pour la bonne conservation du raisin en chambre froide, et surtout pour sa bonne commercialisation à la sortie de l'entrepôt.

## E. Évolution de la saveur et de l'odeur.

A l'entrée en chambre froide le raisin était sucré, juteux, très savoureux et dans l'ensemble très bon. Pendant 4 semaines d'entreposage, l'odeur et la saveur sont restées à peu près parfaites et il s'est avéré extrêmement difficile d'effectuer un classement selon les conditions de conservation des lots. Il semblerait cependant qu'à la fin des essais les grappes conservées en air sec soient légèrement plus savoureuses que celles conservées en air saturé, et que celles soumises au débit d'air de 9 l/m soient meilleures que celles soumises au débit de 4 l/m.

## F. Évolution de la rafle.

Les rafles, vertes à l'entrée en chambre froide, commencent à se faner à partir du 8<sup>e</sup> jour d'entreposage dans la cellule 0,65-9.

(1) P. DUPAIGNE. Mesure de la résistance à l'arrachement des grains de raisin (*C. R. Acad. Agriculture*, 1951, n° 7, p. 287).

L'aspect des rafles au 16<sup>e</sup> jour et au 28<sup>e</sup> jour d'entreposage est résumé dans le tableau 6.

TABLEAU 6.

Évolution de la rafle.

	16 <sup>e</sup> jour	28 <sup>e</sup> jour
0,65-9	sèche, brune, cassante	sèche
0,80-9	encore verte	brunâtre, verdâtre au centre, assez sèche
0,98-9	verte, légèrement rougeâtre par endroits, souple	verte, extrémités brunissantes
0,65-4	sèche, brune	sèche
0,80-4	encore verte	brunâtre, verdâtre au centre
0,98-4	verte, légèrement rougeâtre par endroits, souple	verte, extrémité brunissante, apparition d'un léger chevelu mycélien sur le pédoncule

## G. Évolution de la couleur.

A l'entrée en chambre froide, le raisin était d'une couleur violet foncé caractéristique, et il n'a été noté aucune

évolution sensible de ce caractère au cours de l'entreposage.

## III. CONCLUSIONS

Il est bien certain qu'il aurait été souhaitable de prolonger ces essais au-delà de 28 jours. Cependant, il apparaît que le raisin Muscat de Hambourg se comporte d'une façon très satisfaisante en air de composition normale, à la température de 0° C et à l'humidité relative de 0,8. Cette variété étant très appréciée tant par son aspect, sa saveur, son odeur que par la grosseur de ses grains, il semble donc qu'il soit intéressant du point de vue commercial d'entreposer cette variété de raisin au moins jusqu'à Noël. Il est très possible de le livrer sur le marché à cette date à un prix inférieur à celui qui est ordinairement pratiqué pour le raisin conservé à rafle humide.

Ces conclusions sont conformes d'ailleurs à celles données par BOVAY (1), qui, en Suisse, a effectué des essais comparatifs de conservation de différentes variétés de raisin de table. Cet auteur a toujours constaté que le raisin Muscat de Hambourg était celui qui donnait les meilleurs résultats, tant au point de vue de l'aspect et de la saveur que de l'aptitude à la conservation au frigorifique.

André GAC,  
Ingénieur du Génie rural,  
Ingénieur frigoriste I. F. F. I.

(1) E. BOVAY. Le raisin de table. Sa conservation en frigorifique (*Revue romande d'Agriculture, de Viticulture et d'Arboriculture*, n° 7, 1947).

