

PAV

le PROGRÈS AGRICOLE et VITICOLE

Revue de l'Académie de la Vigne et du Vin - France International



Vendange de glace et classe de neige au Québec

N° 5 - 2012
Bi-mensuel

129^{ème} année
numéro du 1 au 15 mars



**L'INTERFACE VIGNE-RAISIN EN SUR-MATURITÉ
ET APRÈS LA CHUTE DES FEUILLES :
SYNTHÈSE DES CONNAISSANCES ET COMPARAISON DES MÉTHODES
DE MISE EN FILET POUR LA PRODUCTION DE VIN DE GLACE**

**THE VINE – GRAPE BERRY INTERFACE AT OVER-MATURITY STAGE
AND AFTER LEAF FALL :
SYNTHESIS OF KNOWLEDGE AND COMPARISON BETWEEN METHODS
OF INSTALLATION OF NETS FOR THE PRODUCTION OF ICE WINE.**

Alain CARBONNEAU^{1,4}, Karine PEDNEAULT², Fabien GAGNÉ³,

¹. Professeur de Viticulture de Montpellier SupAgro (France) et Président du GiESCO

². Dr., Chercheure-associée (Centre de développement bioalimentaire du Québec, Canada).

³. Viticulteur à Vignobles Saint-Rémi et administrateur à Association des vignerons du Québec, Canada

4. Adresser la correspondance à : carbonne@supagro.inra.fr

Résumé:

La production souvent très recherchée de vin de glace repose sur des règles techniques précises comme la mise en filet de la récolte en état de sur-maturité et de passerillage, la garantie de conditions microclimatiques particulières, le pressurage de raisins gelés. Afin de justifier ces choix, en particulier dans une optique réglementaire au Canada et au Québec, une synthèse des connaissances sur la physiologie du raisin après la maturité et de son interface avec le sarment porteur sans feuille, est développée. Il en ressort essentiellement l'autonomie métabolique du raisin passerillé et l'importance de son microclimat.

Mots clés :

Interface vigne-raisin, sur-maturité, sucres, arômes, installation de filet, vin de glace, Canada

Summary:

The production of ice wine which is very often prized, lies on precise technical rules such as putting in place of net collecting over-mature and withering grape berries, the guarantee of particular microclimatic conditions, the pressing of frozen berries. In order to justify these choices, particularly in the perspective of a regulation in Canada and in Quebec, a synthesis of knowledge on the physiology of the grape berry after maturity and of its interface with the bearing shoot without leaves, is developed. That points out mostly the self-metabolic functioning of the withered grape berry and the importance of its microclimate.

Key words :

Vine – grape berry interface, over-maturity, sugars, aromas, installation of net, ice wine, Canada

INTRODUCTION

Le vin de glace est un produit de qualité premium fait à partir de raisins vendangés et pressurés gelés naturellement. L'Allemagne, l'Autriche et le Canada comptent parmi les principaux pays producteurs (Hope-Ross, 2006). Contrairement à certaines régions qui n'arrivent à le produire que sur une base épisodique, la production canadienne de vin de glace est parmi les plus régulières : 340 000 litres ont été produits en 2007, totalisant 11,6 M\$ et 176 000 litres en exportations, la même année (Scheromm, 2011; Hope-Ross, 2006; Vimond, 2012; Statistiques Canada, 2011; AAC, 2011). Au Québec, la production de vin de glace est estimée à 20 000 litres en 2010, représentant environ 6% de la production canadienne totale (Source : Association des vignerons du Québec, données non publiées).

La production de vin de glace implique une période critique, où la vendange demeure au champ longtemps après la maturité du raisin (fin septembre) et la chute des feuilles (mi-octobre), soit jusqu'en décembre et janvier. Durant cette période des mois de septembre à janvier la température moyenne et minimale évolue de 14,3 à -10,2 °C et 8,9 à -15,5°C respectivement pour la localité de Farnham au Québec, et évolue de 16,7 à -4,6 °C et 12,5 à -8,0 °C respectivement pour la localité de Vineland Station en Ontario (Tableaux 1 et 2). Pour retenir les baies qui chutent en sur-maturité (Rolle *et al.*, 2009) et protéger la vendange des ravageurs, l'utilisation de filets de protection est nécessaire. Au Canada, deux

Tableau 1 - Normales climatiques de 1971 à 2000 de la température quotidienne maximale, moyenne et minimale pour Farham, Québec.**Table 1** - Climate normals for 1971 to 2000 of the daily maximum, average and minimum temperature for Farnham, Québec.

	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.
Maximum quotidien	19,7	12,8	5,5	-1,6	-4,9
Moyenne quotidienne	14,3	8,1	1,5	-6,2	-10,2
Minimum quotidien	8,9	3,4	-2,4	-10,8	-15,5

Source : Environnement Canada, 2012. Archives nationales d'information et de données climatologiques, localité Farnham.

Tableau 2 - Normales climatiques de 1971 à 2000 de la température quotidienne maximale, moyenne et minimale pour Vineland Station, Ontario.**Table 2** - Climate normals for 1971 to 2000 of the daily maximum, average and minimum temperature for Vineland Station, Ontario.

	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.
Maximum quotidien	20,9	14,1	8,2	2,4	-1,2
Moyenne quotidienne	16,7	10,2	5	-0,9	-4,6
Minimum quotidien	12,5	6,4	1,6	-4	-8

Source : Environnement Canada, 2012. Archives nationales d'information et de données climatologiques, localité Vineland Station.

méthodes de mise en filets sont pratiquées. L'une consiste à envelopper totalement la vigne avec ses sarments d'un filet de protection; le raisin gèle alors naturellement sur la vigne jusqu'à la vendange de glace et au pressurage, qui se déroulent à des températures de -8°C ou inférieures. La seconde méthode de mise en filets consiste à couper les grappes des sarments après la chute des feuilles, à les disposer dans un filet de protection sur la vigne, où elles gèlent naturellement en place jusqu'à la vendange de glace et au pressurage, aussi réalisés à -8°C ou moins.

Des travaux sont en cours afin d'élaborer une réglementation canadienne uniforme en la matière, besoin créé par des obligations commerciales du Canada avec les pays membres de l'Organisation Mondiale du Commerce (OMC) dans le cadre du 'World Wine Trade Group (WWTG)'. Les orientations qui seront prises par l'Agence Canadienne de l'Inspection des Aliments (ACIA) seront déterminantes pour le marché canadien et particulièrement québécois, où le vin de glace est un produit phare. Afin d'évaluer l'impact potentiel de chaque itinéraire, cet article propose une synthèse des connaissances sur les phénomènes biochimiques en jeu lors de la maturation et de la sur-maturité des raisins, en particulier à l'interface vigne-raisin après la chute des feuilles, puis examine les caractéristiques des deux méthodes de mise en filet.

Les sources en sucres

Les sucres sont essentiellement produits dans les feuilles par photosynthèse, en fonction notamment de facteurs de l'environnement comme l'éclairement, la température, le régime hydrique, le CO₂ (Mullins *et al.*, 2003; Carboneau *et al.*, 2007).

Les réserves en glucides du vieux bois contribuent à certaines occasions à l'alimentation en sucres de divers

organes, mais ces phénomènes d'utilisation et de reconstitution des réserves au cours de l'année demeurent mal connus (Carboneau *et al.*, 2007). Cependant, Mauro *et al.* (2001) ont comparé la gestion des réserves selon le système de conduite en révélant l'avantage des formes ouvertes comme la Lyre; Smith *et al.* (2007) ont précisé leur dynamique saisonnière en liaison avec l'alimentation hydrique et minérale ainsi que leur répartition entre racines et partie aérienne; leur importance a aussi été révélée en climat tropical à plusieurs cycles où il est important d'assurer leur reconstitution entre la récolte et la taille (Carboneau *et al.*, 2007).

La contribution particulière des réserves du sarment porteur de grappes à ces dernières, après la chute des feuilles, n'est pas démontrée. En tout état de cause elle représente relativement peu dans le bilan de sucres du raisin sur le cycle.

Les translocations d'assimilats vers les puits

La forme de transports des assimilats dans la vigne est le saccharose qui circule essentiellement dans le phloème; une synthèse des régulations du flux phloémien et des relations 'source – puits' est proposée par Carboneau *et al.* (2007) : il convient de noter en particulier le rôle souvent moteur de la source photosynthétique, et la hiérarchie entre les puits, le raisin devenant prépondérant dès la nouaison. La cinétique et la dynamique saisonnière de ces échanges ont été étudiées par Koblet (in 'Carboneau *et al.*, 2007'). Wang (2003) a mesuré directement le flux phloémien, ce qui a permis de préciser sa composition et sa dynamique journalière en fonction du degré de contrainte hydrique.

Il est à noter (Carboneau *et al.*, 2007 ; Coombe et McCarthy, 2000), que le phloème véhicule les substances produites par les feuilles, notamment les sucres, vers tous les organes qu'ils soient en croissance (méristèmes, jeunes tissus) ou en maturation comme les fruits; ce flux phloémien

est calé sur le gradient de concentration créé entre le point de charge par la source et le point de décharge au puits considéré; ce transport est expliqué par des lois physiques comme l'osmose, certaines contraintes liées au trajet lui-même, avec aussi l'intervention de transporteurs spécifiques aux diverses substances; le moteur de l'ensemble de ces échanges à distance dans la plante entière est le courant de transpiration qui circule par le xylème, ce dernier véhiculant aussi des minéraux et des substances organiques comme des acides ou certaines hormones.

Les raisins se développent sur la vigne après la nouaison. Pendant la première phase de développement des baies, certaines phytohormones stimulent la division cellulaire; s'en suit une phase de croissance des cellules, ce qui permet aux baies de prendre du volume avant le mûrissement (Jackson, 2008; Ojeda *et al.*, 2007; Ollat, 2002). Il est à noter que la durée de ces mitoses est réduite à quelques jours seulement (thèse d'Ojeda, 1999, in 'Ojeda *et al.* 2007'). Les raisins verts sont le siège d'une photosynthèse, mais reçoivent l'essentiel des sucres en provenance des feuilles; à partir de la 'véraison', période-charnière où le métabolisme bascule d'une orientation de consommation et de croissance vers une autre de stockage et de maturation, les baies cessent leur activité de photosynthèse et agissent comme des organes-puits. Le flux d'eau dans les baies par le xylème diminue alors progressivement, laissant toute la place au phloème qui continue d'alimenter les baies en eau, sucres et métabolites divers, toujours produits par les feuilles (Düring *et al.*, 1987 ; Ollat, 2002 ; Chatot *et al.*, 2009 ; Kilinc, 2010).

Le développement et la maturation du raisin

Concernant le raisin, il est important de synthétiser son fonctionnement au cours de son développement (Wang, 2003; Carboneau *et al.*, 2007) :

- phase I : raisin dur et vert, grossissant par multiplication cellulaire pendant les premiers jours seulement après nouaison, puis par grossissement cellulaire);
- phase II ou 'plateau herbacé' : raisin dur et vert ne grossissant plus, se préparant en fait à la phase suivante de maturation;
- phase III ou maturation : raisin mou et coloré (jaune ou rouge), grossissant par grossissement cellulaire; phase enclenchée par la 'véraison' qui correspond à un brusque basculement métabolique d'un état de consommation de croissance à un état de stockage; phase achevée par la maturité voire la sur-maturité.

Au cours de la maturation, le raisin bénéficie d'un flux de sucres venant essentiellement des feuilles du sarment porteur et aussi de la plante entière. Pendant ce mûrissement (Carboneau *et al.*, 2007), les sucres s'accumulent d'abord rapidement, puis l'accumulation ralentit lentement jusqu'à la maturité (Coombe et McCarthy, 2000); en réponse à l'augmentation de la concentration en sucres, la synthèse des anthocyanes est amorcée dans le cas des cépages noirs (Biondi, 2007); au même moment, la teneur en acides organiques diminue, notamment par respiration de l'acide malique via le cycle de Krebs, jusqu'à maturité complète des baies (Sweetman *et al.*, 2009). Le flux de sucres et d'eau transite exclusivement par le phloème, le xylème étant obturé à sa

jonction avec la baie après la véraison (en particulier, le raisin ne reçoit alors plus d'eau du xylème); la maturation se poursuit tant que le flux de sucres est actif; on en mesure le bilan en suivant l'évolution de la quantité de sucres par baie (et non la concentration en sucres de la baie qui intègre aussi le flux ou la perte d'eau). La maturité est obtenue lorsque le flux de sucres vers les raisins a atteint un maximum, voire un plateau.

Lorsque le raisin arrive à maturité, le phloème arrête de fonctionner et une zone d'abscission se forme à la base de la baie (Jackson, 2008). Elle empêche les échanges subséquents entre la vigne et le fruit (Jackson, 2008). Ce moment arrive lorsque le raisin cesse d'être un puits actif ; la quantité de sucres cesse alors d'augmenter et toute concentration subséquente des sucres dans le raisin est en grande partie due à la perte d'eau par transpiration, les baies étant dès lors considérées comme détachées du système phloémien (Coombe et McCarthy, 2000 ; Carboneau *et al.*, 2007 ; Greer et Rogiers, 2009). Malgré la fin de l'apport du système phloémien, certains échanges localisés peuvent tout de même avoir lieu en sur-maturité, principalement des échanges apoplastiques d'eau entre le sarment et la baie. Ces échanges sont toutefois négligeables par comparaison avec la déshydratation ayant cours par l'épiderme des baies elles-mêmes (Carboneau *et al.*, 2007; Carboneau, Murisier et Cargnello, 2008).

La *sur-maturité* peut prolonger la maturité, et le raisin commence à perdre de l'eau soit par transpiration, soit par 'flux retour' vers le sarment. Dans un premier temps, la quantité de sucres par baie est stable, mais la concentration en sucres des baies continue d'augmenter par perte de volume du raisin (ceci est souvent et abusivement interprété comme la fin de la maturation). La perte de poids des raisins est difficilement observable visuellement, ce qui explique souvent des récoltes trop tardives avec des taux de sucres trop élevés.

Le *flétrissement* prolonge l'état de sur-maturité, les raisins montrant un aspect ridé caractéristique; la teneur en sucres progresse du fait de la perte en eau, mais la quantité de sucres par baie peut diminuer probablement à cause de phénomènes respiratoires ou de dégradation par des agresseurs extérieurs comme *Botrytis cinerea*. Le flétrissement peut être provoqué par des techniques au vignoble comme la demi-taille avant récolte, et induit le 'passerillage' sur souche (Carboneau *et al.*, 2007; Carboneau, Murisier et Cargnello, 2008; Cargnello *et al.*, 2006). Le passerillage peut aussi se faire hors vignoble, sur clayette suite à une récolte à maturité ou à sur-maturité. Le passerillage peut enfin être accompagné de phénomènes naturels particuliers, comme le gel, ce qui permet une cryo-extraction naturelle et l'élaboration de vin de glace. Dans ces cas de passerillage, il est important de noter le microclimat des raisins qui caractérisent en fait ces divers modes.

La relation 'raisin – sarment'

Des essais de passerillage sur souche ou Double Maturation Raisonnée (DMR), une technique qui consiste à tailler en fin de véraison ou plus proche de la maturité (selon le type de produit recherché) une partie des sarments portant des fruits, ont permis de constater qu'après la fin de la véraison, le raisin poursuit et même accélère sa maturation, même si

les feuilles sont sèches dans la partie taillée (Carboneau *et al.*, 2007; Carboneau, Murisier et Cargnello, 2008). Ces résultats suggèrent qu'à ce stade, le métabolisme de la baie est suffisamment autonome pour lui permettre d'assurer sa propre maturation, même en l'absence de feuilles (Carboneau *et al.*, 2007; Carboneau, Murisier et Cargnello, 2008).

De fait, l'augmentation de la concentration en sucres, induite par la déshydratation de la baie ayant cours en phase de sur-maturité, agirait comme un signal pour les métabolismes du fruit, en favorisant la dégradation de l'acide malique, la synthèse des anthocyanes et des complexes à base de polyphénols, le développement d'arômes fruités au détriment des notes végétales (Cargnello *et al.*, 2006 ; Carboneau *et al.*, 2007; Carboneau, Murisier et Cargnello, 2008). En outre, chez le cépage Syrah, la synthèse d'arômes et de précurseurs d'arômes a été observée en phase de sur-maturité, une constatation qui s'appliquerait à d'autres cépages (Coombe et McCarthy, 2000). Par ailleurs, l'évaluation du développement des arômes chez des cépages aromatiques greffés sur des cépages non aromatiques, et vice-versa, a montré que, dans les deux cas, les baies développaient le profil aromatique typique à leur génotype, sans influence aucune du génotype du porte-greffe (Gholami, 1996 ; Gholami *et al.*, 1996 ; Coombe et McCarthy, 2000). La baie serait donc elle-même le site de synthèses de différents métabolites secondaires, comme les arômes, développés au cours de la sur-maturité.

Il convient donc à ce stade de souligner la grande autonomie métabolique des raisins en sur-maturité et passerillage, et l'absence d'apport connu du sarment porteur à la composition des raisins. En revanche, le point suivant relatif au microclimat des raisins en passerillage, apparaît déterminant.

Effet de l'environnement sur le métabolisme des raisins en sur-maturité et après la chute des feuilles : le cas du vin de glace

Le raisin destiné au vin de glace est récolté et pressuré à une température inférieure à -8°C où l'eau à l'intérieur des baies est encore gelée (VQA, 1999; AVQ, 2010; BC, 2011; OIV, 2011). L'effet combiné de la déshydratation des baies et de la rétention dans le pressoir d'une quantité d'eau sous forme de glace, produit un moût concentré en sucres, acides et composés aromatiques (Nurgel *et al.*, 2004).

Entre la chute des feuilles et la vendange, les baies destinées à la production de vin de glace conservent une certaine activité métabolique, du moins chez le cépage Vidal blanc, l'une des principales variétés utilisées au Canada dans la production de vin de glace (De Luca, communication personnelle). Bien que la sur-maturité apporte de nouveaux arômes et autres constituants aux baies, l'exposition à des températures inférieures à -8°C modifie considérablement la composition chimique à l'intérieur des baies, entre autres via la précipitation de certains sels d'acides organiques comme le bitartrate de potassium, causée par l'exposition au froid (Keiser, 2012; Devatine et Martinez, 2002). En outre, suite aux variations de température observées à l'approche de l'hiver, la formation de cristaux de glace dans la baie et leur dégel subséquent causerait une rupture des parois cellulaires, permettant à des constituants de la baie normalement séparés de venir en contact. Ces contacts sont apparemment le point

de départ de diverses réactions biochimiques, qui permettent, entre autres, l'oxydation de composés phénoliques et aromatiques, et qui sont renforcées par la présence de lumière (Bowen, 2011 ; Singleton *et al.* 1985). Ainsi, sur les vins de glace canadiens, une réduction significative des acides phénoliques a été constatée entre les vendanges d'automne et les vendanges de glace, qui ont généralement lieu en janvier (Kilmartin *et al.*, 2007 ; Tian *et al.*, 2009).

Après la chute des feuilles, l'exposition à la lumière, le vent, les cycles de gel et dégel, l'oxydation, la déshydratation, contribuent à la transformation des raisins et la concentration des saveurs et constitue un élément déterminant dans la typicité des vins de glace (Bowen, 2011). De fait, dans ses essais sur les vins de glace de la péninsule du Niagara, Bowen (2011) conclut que la date de pressurage, le nombre de cycles de gel et dégel et le niveau de charge en raisin sont des facteurs importants dans l'expression aromatique des vins de glace. Il semblerait également que plus la récolte soit tardive, plus la teneur en composés aromatiques typiques soit importante (Bowen, 2011). Ainsi, la durée d'exposition aux conditions microclimatiques environnantes serait un facteur déterminant de la qualité aromatique des vins de glace canadiens.

Impact de la mise en filets

Au Québec de même que dans certains pays nordiques, le cépage Vidal blanc est cultivé en taille très basse, de façon à ce que ses sarments à la base soient recouverts de neige, de terre (pratique du buttage) ou par d'autres dispositifs de protection hivernale (Gagné, observations personnelles; Vimond, 2012). Pour les cépages tolérants au froid tel Vandal-Cliche, la vigne est conduite en taille plus haute, mais nécessite tout de même un relèvement, car la couverture de neige naturelle dans certaines régions ensevelit entièrement la zone de fruits. C'est le cas notamment à de l'île d'Orléans au Québec où la moyenne climatique sur 30 ans de la couverture de neige atteint 37 et 63 cm en décembre et janvier, respectivement (Source : Archives nationales d'informations et de données climatologiques, Environnement Canada, 2012). Comme en témoignent les figures 1, 2 et 3, pour produire le



Figure 1 -Mise en filets au Québec. Le raisin est disposé à environ 90 cm du sol après la chute des feuilles.

Figure 1 - Installation of nets in Quebec. The berries are disposed at 90 cm above the soil approximately, after leaf fall.



Figure 2 - Raisins en filets sur la vigne en hiver au Québec, exposés aux éléments naturels à 90 cm du sol.

Figure 2 - Berries in the nets on the vine in winter in Quebec, exposed to natural conditions at 90cm above the soil.



**Figure 3 - Vendange de glace au Québec.
Figure 3 -'Ice harvest' in Quebec.**



**Figure 4 - Mise en filets en Ontario.
Figure 4 - Installation of nets in Quebec.**

vin de glace, le viticulteur recueille les raisins après la chute des feuilles et les dispose, quelques dizaines de centimètres plus hauts à environ 90 cm du sol, dans un filet de protection contre les oiseaux sur la vigne (VQA, 1999; AVQ, 2010; WWTG, 2007).

Dans les autres régions productrices comme l'Allemagne, l'Autriche et les provinces canadiennes de l'Ontario et de la Colombie-Britannique entre autres, des filets sont installés sur la vigne à l'automne, enveloppant totalement le palissage (figure 4). Entre la chute des feuilles et le moment où le raisin est recueilli pour le vin de glace, une proportion variable de baies et de grappes se détachent de la vigne et se déposent au fond du filet à environ 90 cm du sol (Delisle, 2011; figure 4). Aucune donnée statistique n'est disponible sur la variabilité de la proportion des baies tombées au fond du filet, mais on constate à partir d'observations photographiques qu'elle peut varier de 0% à près de 100% selon les régions, cépages et millésimes (Delisle, 2011; Lang, 2012; Gagné, observations personnelles).

Après les mises en filets, les raisins des deux itinéraires sont exposés aux mêmes conditions environnementales, et leur concentration naturelle par le froid est réalisée.

Une fois la température réglementaire de -8°C atteinte, la démarche est la même dans les deux cas : la vendange de glace manuelle ou mécanique consiste en une récolte homogène de toutes les baies, qu'elles soient encore attachées à la vigne ou déposées dans le filet (McKee et Cattell, 2012; Duplessis, 2010), puis acheminée au chai pour être pressurée.

En Allemagne, des pellicules de polyéthylène micro-perforé sont également utilisés en lieu et place de filets pour envelopper totalement la végétation, et sont reconnus par l'Institut allemand du vin pour ne pas causer d'effet négatif ou de modification sur le vin de glace (DW, 2012; Gunther, 2009). Ainsi, l'incidence du matériau utilisé pour envelopper les grappes est peut-être un facteur de moindre importance que les autres facteurs comme le microclimat naturel.

À l'égard de la composition des baies à la vendange, les deux itinéraires présentent davantage de similarité que de dissemblances, la principale différence résidant dans le niveau d'entassement des baies. En effet, dans un cas les baies tombent petit à petit dans les filets et sont recueillies avec le reste de la vendange, tandis que dans le second cas, les grappes y sont déposées d'emblée lors de la mise en filet. Or, l'entassement des baies est reconnu comme étant un facteur contribuant au développement du champignon *Botrytis* sp., qui apporte du 1-octen-3-ol, un arôme de champignon, aux baies (Zitter et Wilcox, 2004; Diguta, 2010 ; Bowen, 2011). Bien qu'il ait été démontré que la présence de 1-octèn-3-ol est directement proportionnelle à la durée que passe la vendange au champ, l'impact sensoriel de ce composé n'a pas été clairement établi pour les vins de glace (Bowen, 2011). En outre, il est commun de trouver de forte proportion de 1-octèn-3-ol dans les vins de glace, mais, jusqu'ici, ce composé n'a pas été rapporté comme constituant un caractère négatif dans l'arôme des vins de glace (Setkova *et al.*, 2007; Bowen, 2011).

Malgré le fait que les deux itinéraires sont très ressemblants car ils permettent tous deux une exposition favorable aux conditions environnementales, il serait intéressant de comparer avec plus de précision l'effet de chacun de ces itinéraires sur la qualité des vins de glace élaborés. De fait, bien qu'aucune recherche n'ait été faite en ce sens, les produits élaborés sont régulièrement appréciés pour leur qua-

lité et de façon similaire dans les concours internationaux; ceci montre qu'en l'état, les deux processus sont considérés comme permettant la production de produits de qualité semblable.

CONCLUSION

Après la chute des feuilles, la production de vin de glace implique deux processus majeurs pour les raisins demeurés au vignoble : la sur-maturité et les conditions microclimatiques environnantes. Dès le début de la sur-maturité, l'apport phloémien est substantiellement diminué, laissant place au métabolisme interne des baies, qui contribue au développement actif des arômes et autres métabolites secondaires comme les anthocyanes par exemple, chez les cépages rouges. À ce stade, la baie peut poursuivre sa sur-maturité indépendamment de la plante vigne. L'occurrence de ruptures cellulaires au sein des baies, provoquées par les cycles de gel et de dégel causés par les conditions microclimatiques hivernales, permettent la modification de l'environnement chimique de la baie et le contact entre divers métabolites. Ces réactions, impliquant surtout des phénomènes enzymatiques et d'oxydation, amènent une modification des métabolites secondaires impliqués dans la qualité du vin de glace. L'intensité du froid, les conditions de déshydratation, l'exposition à la lumière, la durée de la sur-maturité et d'exposition aux éléments naturels semblent être les facteurs prépondérants dans les caractéristiques des vins de glace. Les deux systèmes de mise en filets semblent procurer un environnement favorable à l'expression de ces caractéristiques puisque dans les deux cas, la vendange de glace est composée de plus ou moins de baies détachées de la vigne. Bien que l'effet de chacun des itinéraires sur la qualité des vins de glace élaborés n'ait pas été précisé de façon expérimentale, le fait que les produits ne se distinguent pas dans les concours internationaux, suggère que les deux processus permettent la production de produits de qualité semblable.

Remerciements

Des remerciements sont adressés aux personnes suivantes pour leurs judicieux conseils : Jean-Louis Escudier, Ingénieur de recherche (Institut National de la Recherche Agronomique, centre INRA de Pech Rouge, France) et Dr Vincenzo De Luca (Faculty of mathematics and science, Brock University et Cool Climate Oenology and Viticulture Institute, Ontario Canada).

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AAC, 2011.** L'industrie vinicole canadienne. Agriculture et Agroalimentaire Canada.
<http://www4.agr.gc.ca/AAFC-AAC/display-afficher.do?id=1172244915663&lang=fra> accédé le 8 février 2012.
- AVQ, 2011.** Cahier des charges : certification Vin du Québec certifié. Association des vignerons du Québec. VINQC-CC-02-VF, 98 p.
- BC, 2011.** Agri-food choice and quality act – Wines of marked quality regulation. Gov. of British Columbia B.C. Reg. 79/2005, o.c. 186/2005 am. 125/2011.
- BOWEN, A.J., 2011.** Elucidation of odour-potent compounds and sensory profiles of Vidal blanc and Riesling icewines from the Niagara Peninsula : effect of harvest date and crop level. Ph.D. Thesis, Brock University.
- BIONDI, M., 2007.** Dynamics of grape berry volume change during ripening. Mémoire de Maîtrise, Wash. St. Univ., 101 p.
- CARGNELLO, G., PEZZA, L., GALLO, G., CAMATTA, T., COCCATO, S., PASCARELLA, G. DI GAETANO, R., CASADEI, G., LA TORRE, A., SPERA, G., SCAGLIONE, M., MORETTI, S., GAROFALO, A., 2006.** D.M.R. (« Double Reasoned Maturing ») : innovative technique of agronomic ecologic control of grey mould on grapevine – trials and various considerations. *Commun agric. Appl. Biol. Sci.*, 71 (3 Pt B), p. 1055-61.
- CARBONNEAU, A., DELOIRE A., JAILLARD B., 2007.** La vigne: Physiologie, Terroir, Culture. Dunod Paris Ed., ISBN 978-2-10-049998-4, 442 p. et annexes.
- CARBONNEAU, A., MURISIER F., CARGNELLO, G., 2008.** Pas-serillage sur souche : une technique innovante de raisonnement de la maturation au service de la viticulture durable, une alternative à l'enrichissement en sucre – synthèse d'essais (Doublewithering on vine : An innovating technique for reasoning maturation useful for sustainable viticulture – an alternative to sugar adding – synthesis of experiments). OIV, Acte coll. XXXIe congrès mondial de la vigne et du vin, p. 17-31.
- DELISLE, J.-S., 2011.** Inniskillin Wines dans Guide d'achat 2011 - Sélections mondiales des vins Canada. Sélections Mondiales des vins Canada.,
http://www.myvirtualpaper.com/doc/selectionmondialedevins/smv_brochure_smv2011/2011120501/#18 accédé le 1 février 2012, p. 16-19.
- DEVATINE, A., MARTINEZ, A., 2002.** Maîtrise de l'acidité des vins – appréciation et modélisation des équilibres acido-basique – le logiciel 'mextar'. *Revue des œnologues*, 105, p. 46-48.
- DIGUTA, C.F., 2010.** Écologie des moisissures présentes sur baies de raisin. Université de Bourgogne, Thèse de doctorat, 154 p.
- DUPLESSIS, K., 2010.** Vin de glace : une année exceptionnelle, La voix de l'Est (La Presse), 10 décembre 2010. <http://www.cyberpresse.ca/la-voix-de-lest/actualites/201012/10/01-4351076-vin-de-glace-une-annee-exceptionnelle.php> accédé le 10 février 2012.
- DÜRING, H., LANG, A., OGGONNI, F., 1987.** Patterns of water flow in Riesling berries in relation to developmental changes in their xylem morphology. *Vitis*, 26, p. 123-131.
- DW, 2012.** German eiswein – a highly esteemed specialty. Deutsches Weininstutit. http://www.deutscheweine.de/icc/Internet-EN/nav/b98/b9855ed2-cee2-501e-76cd-461d7937aae2&_ic_uCon=1aa10fc9-474b-ae11-258d-57205f440fd3 accédé le 10 février 2012.
- GÜNTER, T., 2009.** Pfalz : Winzer ernten ersten eiswein. <http://weinverkostungen.de/pfalz-winzer-ernten-ersten-eiswein/> accédé le 10 février 2012.
- GREER, D.H., AND ROGIER S.Y., 2009.** Water flux of *Vitis vinifera* L. cv. Shiraz bunches throughout development and in relation to late-season weight loss. *Am. J. Enol. Viticul.*, 60(2), 155-163.
- GHOLAMI, M., 1996.** Biosynthesis and translocation of secondary metabolite glycosides in the grapevine *Vitis vinifera* L. PhD thesis, University of Adelaide.
- GHOLAMI, M., COOMBE, B.G., ROBINSON, S.P AND WILLIAMS, P.J., 1996.** Amounts of glycosides in grapevine organs during berry development. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 2, 59–63.
- GHOLAMI, M., HAYASAKA, Y., COOMBE, B.G., JACKSON, J.F., ROBINSON, S.P., WILLIAMS P.J., 1995.** Biosynthesis of flavour compounds in Muscat Gordo Blanco grape berries. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 1, 19-24.
- HOPE-ROSS, P., 2006.** De la vigne à la coupe : la production de raisins et du vin au Canada. Statistiques Canada, 11-621-MIF(049), 11 p.
- JACKSON, R.S., 2008.** Wine Science : Principles and Applications, Academic Press / Elsevier, Third edition, 750 p.
- KEISER, K.J., 2012.** Chemical de-acidifications in winemaking. Brock University, CCOVI Lecture Series, 61 p.
- KELLER, M., SMITH, J., BONDADA, B.R., 2006.** Ripening grape berries remain hydraulically connected to the shoot. *J. Exp. Bot.*, 57(11), p. 2577-2587.

- KILMARTIN, P. A., REYNOLDS, A G., PAGAY, V., NURGEL, C., JOHNSON, R., 2007.** Polyphenol content and browning of Canadian icewines. *J. Food Agric. Env.*, 5, 52-57.
- LANG, O., 2012.** En Alsace, c'était l'heure des vendanges du vin de glace. Agence RTL 2012-02-03,
<http://www rtl fr/actualites/article/en-alsace-c-était-l-heure-des-vendanges-du-vin-de-glace-7743080751> accédé le 4 février 2012.
- MAURO M.C., BOUYER H., LESNE P., BORY G., CLAIR MAC-ZULAJTYS D., HEBERT G., BOULAY M., LHOSTE F., 2001.** Evaluation de la conduite en Lyre en Champagne. CR GESCO n°12, vol 1, 279-284.
- MCKEE, L.J., CATTELL, H., 2012.** Eastern ice wine a 2012 vintage – most frozen grapes were picked in new year. *Wines & Vines*, 6 janvier 2012,
<http://www.winesandvines.com/template.cfm?section=news&content=96014> accédé le 1 février 2012.
- MULLINS, M. G., BOUQUET, A., WILLIAMS, L.E., 2003.** Biology of the grapevine. Cambridge University Press, Cambridge, 239 p.
- NURGEL, C., PICKERING, G., INGLIS, D.L., 2004.** Sensory and chemical characteristics of Canadian icewines. *J. Sci. Food Agric.*, 84(13), 1675-1684.
- OIV, 2011.** Code international des pratiques œnologiques édition 2012 (International code of œnological practices 2012 issue). Organisation Internationale de la Vigne et du Vin, édition 2012,, 298 p. (286 p.)
- OJEDA H., DELOIRE A., CARBONNEAU A. 2001** – Influence of water deficits on grape berry growth. *Vitis*, 40 (3), 141-145.
- OLLAT, N., DIAKOU-VERDIN, P., CARDE, J.P., BARRIEU, F., GAUDILLÈRE, J.P., MOING, A., 2002.** Grape berry development: a review. *J. Int. Sci. Vigne Vin.*, 36, 109-131.
- ROLLE, L., TORCHIO, F., GIACOSA, S., GERBI, V., 2009.** Modifications of mechanical characteristics and phenolic composition in berry skins and seeds of Mondeuse winegrapes throughout the on-vine drying process. *J. Sci. Food Agric.*, 2009(89), 1973-1980.
- SETKOVA, L., RISTICEVIC, S., PAWLISZYN, J., 2007.** Rapid headspace solid-phase microextraction-gas chromatographic-time-of-flight mass spectrometric method for quantitative profiling of ice wine volatile fraction II : Classification of Canadian and Czech ice wines using statistical evaluation of the data. *J. Chromatography A*, 1147, p. 224-240.
- SCHEROMM, P., 2011.** Quand le raisin se fait vin. Éd. Quae, INRA, 163 p.
- SINGLETON, V.L., TROUSDALE, E., ZAYA, J., 1985.** One reason sun-dried raisins brown so much. *Am. J. Enol. Vitic.*, 36, 111-113.
- SMITH J., QUIRK L., HOLZAPFEL B., 2007.** Relationship between carbohydrate reserves and grapevine productivity, and the use of wood starch concentrations as yield forecasting tool. CR GESCO n° 15, vol.1, 510-518.
- STATISTIQUES CANADA, 2011.** Base de données sur le commerce international canadien de marchandises.
- SWEETMAN, C., DELUC, L.G., CRAMER, G.R., FORD, C.M., SOOLE, K.L., 2009.** Regulation of malate metabolism in grape berry and other developing fruits. *Phytochemistry*, 70(11-12), 1329-1344.
- TIAN, R.R., LI, G., WAN, S. B., PAN, Q.H., ZHAN, J.C., LI, J.M., ZHANG, Q.H., HUANG, W.D., 2009.** Comparative study of 11 phenolic acids and five flavan-3-ols in cv. Vidal: impact of natural ice wine making versus concentration technology. *Aust. J. Grape Wine Res.*, 9999.
- VIMOND, L., 2012.** Blaxta : un vin scandinave. *Réussir Vigne*, 182, p. 31.
- VQA, 1999.** Vinters Quality Alliance. Act. Vinters Quality Alliance, Ontario Regulation, 278/08.
- WANG, Z., 2003.** Influence de la contrainte hydrique et de l'architecture sur la distribution des sucres dans la vigne (*Vitis vinifera* L.) cv. Syrah. Thèse de doctorat Agro Montpellier, 226 p.
- WWTG, 2007.** Agreement on requirements for wine labelling. World Wine Trade Group, 70 p.
- ZITTER, S.M., WILCOX, W.F., 2003.** Ontogenetic, physical and cultural factors affecting the initiation and spread of Botrytis bunch rot of grapes. In' Proc. XIII Botrytis symposium, Antalya, Turkey'.