

# Réserves en glucides de la vigne (cv. Chasselas): influence du rapport feuille-fruit

Vivian ZUFFEREY, François MURISIER, Philippe VIVIN<sup>1</sup>, Sandrine BELCHER, Fabrice LORENZINI,  
Jean-Laurent SPRING et Olivier VIRET, Station de recherche Agroscope Changins-Wädenswil ACW  
<sup>1</sup>INRA, UMR 1287 Ecophysiologie et Génétique de la vigne, ISVV Bordeaux-Aquitaine  
Renseignements: Vivian Zufferey, e-mail: vivian-zufferey@acw.admin.ch, tél. +41 21 72 11 563, www.agroscope.ch



Pour développer ses rameaux au printemps, la vigne (ici du Chasselas) puise dans les glucides accumulés dans les racines et le tronc l'année précédente.

## Introduction

Chez les végétaux, les glucides (sucres) synthétisés par les feuilles lors de la photosynthèse constituent la majeure partie des substances organiques. Éléments constitutifs dans la plupart des composés organiques, ils jouent encore le rôle de source d'énergie, de substances de soutien (cellulose, hémicellulose, gluco-protéines, etc.) et de réserve. Toutes les parties de la plante

peuvent mettre des glucides en réserve, de façon transitoire dans les feuilles (stockage pendant le jour, utilisé en conditions limitantes pour la photosynthèse ou la nuit) ou plus durable dans les rameaux, le tronc et les racines.

Des études sur la vigne montrent que les réserves en glucides des troncs et des racines fournissent du carbone pour la croissance des rameaux, des feuilles et des inflorescences au printemps (Keller et Koblet 1994). Des tra-

vaux sur l'évolution des réserves carbonées en cours de saison dans les structures permanentes de la vigne ont analysé les variations en glucides solubles (saccharose, glucose, fructose) et insolubles (amidon) et leur importance dans la redistribution des glucides entre les organes sources (feuilles) et puits (racines, troncs, raisins) (Williams, 1996). Par ailleurs, les conditions climatiques, le stress hydrique, la charge en raisins (Smith et Holzappel 2009), le système de conduite (Weyand et Schultz 2006) et la variété influent aussi sur l'assimilation du carbone et sa mise en réserve, notamment dans les troncs et racines. Les pratiques culturales telles que le rognage ou le défeuillage interviennent également dans l'accumulation des glucides en modifiant la relation feuille-fruit et la répartition des glucides dans la plante (Candolfi-Vasconcelos et Koblet 1990). Récemment, Smith et Holzappel (2009) ont montré que des vignes fortement chargées en raisins dépendaient davantage de la période après vendange pour refournir leurs racines en glucides. Un certain rapport feuille-fruit doit être atteint pour obtenir une maturité adéquate des raisins: en climat frais, 10 à 20 cm<sup>2</sup> de surface foliaire/g de fruit ou 1 à 1,4 m<sup>2</sup> de surface foliaire exposée/kg de raisin (Murisier et Zufferey 1997). Murisier (1996) a, de surcroît, mis en évidence une relation entre le rapport feuille-fruit et la formation de réserves glucidiques dans les parties ligneuses et les racines de Chasselas.

Un essai faisant varier la hauteur du feuillage (surface foliaire) et la charge en raisins (rendement) a été conduit sur des vignes adultes de Chasselas au champ et la dynamique saisonnière des réserves glucidiques a été suivie sur cinq ans consécutifs pour étudier l'effet du rapport feuille-fruit sur la teneur en sucres solubles et insolubles dans les bois d'un et deux ans, le tronc et les racines de la vigne.

## Matériel et méthodes

### Site d'étude et matériel végétal

Les essais ont été menés de 1998 à 2002 avec le cépage Chasselas (clone 14/33-4, porte-greffe 3309C), planté en 1986 sur le domaine expérimental d'Agroscope ACW à Pully, Suisse (46° N, 7° E). La parcelle est exposée au sud avec une pente de 10 à 15 %. Le sol, très profond et fertile, possède une réserve hydrique estimée à plus de 200 mm. Les précipitations mensuelles et annuelles sont reportées dans le tableau 1. Les vignes conduites avec le système Guyot en espalier comptent six rameaux par souche. Deux densités de plantation – 4900 plantes/ha (2,4 x 0,85 m) et 9800 plantes/ha (1,2 x 0,85 m) – avec chacune deux hauteurs de feuillage (0,75 et 1,25 m) ont été comparées.

### Résumé

La mise en réserve des glucides (sucres) dans les différentes parties de la vigne (branche à fruits, tronc et racines) a été étudiée de 1998 à 2002 chez le cépage Chasselas au domaine d'Agroscope ACW à Pully. La vigne stocke ses glucides principalement sous forme d'amidon dans les racines et le tronc. Durant l'hiver, l'amidon a été partiellement converti en sucres solubles (saccharose, glucose et fructose) dans le tronc et les branches à fruits pour lutter contre le froid et le risque de gel des tissus. L'amidon racinaire et des troncs a été fortement mobilisé du débourrement à la floraison, ce qui s'est traduit par une diminution des réserves en glucides dans ces organes. La concentration en amidon des racines et des troncs a augmenté de la floraison à la récolte, voire jusqu'à la chute des feuilles. Le rapport feuille-fruit, exprimé par la relation entre la surface foliaire exposée (SFE) et les kilogrammes de raisin, a largement influencé la teneur en amidon et en glucides totaux des racines et des troncs à la récolte. Dans les conditions de l'essai, les concentrations en amidon et en glucides totaux des racines culminaient lorsque le rapport feuille-fruit approchait 1,5 m<sup>2</sup> de SFE/kg.

**Tableau 1 | Précipitations mensuelles sur le site de Pully (VD) durant les cinq années d'étude (1998–2002) en comparaison avec les moyennes mensuelles à long terme (1961–1990). Données MétéoSuisse**

	Précipitations (mm)					
	1998	1999	2000	2001	2002	Ø 30 ans
Janvier	85	58	18	202	41	72
Février	21	120	125	38	77	68
Mars	39	55	58	322	56	76
Avril	165	123	108	160	41	75
Mai	34	153	55	113	191	93
Juin	42	175	48	193	77	111
Juillet	51	68	157	139	115	107
Août	68	209	137	82	106	121
Septembre	222	144	74	148	47	108
Octobre	143	115	185	84	179	93
Novembre	140	90	172	49	260	88
Décembre	33	142	53	34	100	93
Année	1044	1452	1190	1565	1290	1101

### Essai de variation du rapport feuille-fruit

Le rapport feuille-fruit a été modifié de deux manières:

- deux hauteurs de feuillage (0,75 et 1,25 m) ont été maintenues constantes tout au long de la saison par rognages successifs: le premier à la fin de la floraison (BBCH 69) et les suivants à trois semaines d'intervalle;
- deux niveaux de rendement ont été comparés en maintenant respectivement une et deux grappes par rameau, en supprimant des grappes au stade petit pois (BBCH 75).

### Mesure des surfaces foliaires

La surface foliaire totale des souches a été mesurée selon la méthode non destructive de Carbonneau (1976). Toutes les feuilles de deux rameaux par souche (douze rameaux par traitement) ont été mesurées pour estimer la surface foliaire moyenne de chaque rameau. La surface foliaire totale de la souche a été estimée en multipliant cette valeur par le nombre de rameaux par souche. La surface foliaire exposée à l'éclairement saturant (densité de flux de photons > 1200  $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$ ) a été estimée selon la formule de Carbonneau (1995), qui prend en compte la hauteur effective du feuillage (H), l'épaisseur du feuillage (e), l'écartement des rangs (E) et la proportion des trous dans la canopée (T):

*Surface foliaire exposée (SFE) =  $[(2 \times H) + e] / E \times (1 - \%T)$*

La surface foliaire exposée (SFE) a été estimée chaque année au stade véraison (BBCH 81). Le rapport feuille-fruit a été exprimé en divisant la SFE par la charge en raisins (SFE/kg) de chaque souche.

### Echantillonnage et analyse des glucides

Les échantillons de sarments (un an), branches à fruits (deux ans), troncs et racines ont été collectés souche par souche, aux principaux stades de développement (repos hivernal BBCH 0, débourrement BBCH 11, floraison BBCH 65, véraison BBCH 81, récolte BBCH 91 et chute des feuilles BBCH 97). Trois souches par traitement (douze souches au total) ont été excavées à ces différentes périodes au tractopelle, en extrayant le plus grand nombre de racines possible par souche. Environ 1 kg de racines de tous diamètres et tailles ont été collectées, immédiatement lavées et congelées à l'azote liquide au champ, puis stockées à  $-20^\circ\text{C}$ . Les échantillons de bois ont été prélevés de manière destructive en séparant les sarments (bois d'un an), la branche à fruits (bois de deux ans) et le tronc (bois > douze ans). Environ 400 g de chaque échantillon de bois ont été récoltés par souche pour les analyses, congelés au champ à l'azote liquide et stockés à  $-20^\circ\text{C}$ . Tous les échantillons de bois et de racines ont été pesés pour déterminer le poids frais, puis lyophilisés au labo-

ratoire Eurolyo à Chartres (France). Chaque lyophilisat a été broyé à 1200  $\mu\text{m}$ . Les hydrates de carbone ou glucides non structuraux (TNC) et leurs composants amidon, saccharose, fructose et glucose ont été dosés par méthode enzymatique de Bergmeyer (1984) au laboratoire d'écophysiologie et d'agronomie viticole de l'INRA Bordeaux-Aquitaine à Villenave d'Ornon (F).

### Rendement et composition du raisin

Toutes les souches ont été vendangées séparément. Le rendement effectif par souche et le poids des baies (50 par souche) ont été mesurés. La récolte de chaque souche a été foulée séparément pour déterminer les sucres solubles, le pH et l'acidité totale.

### Analyse statistique

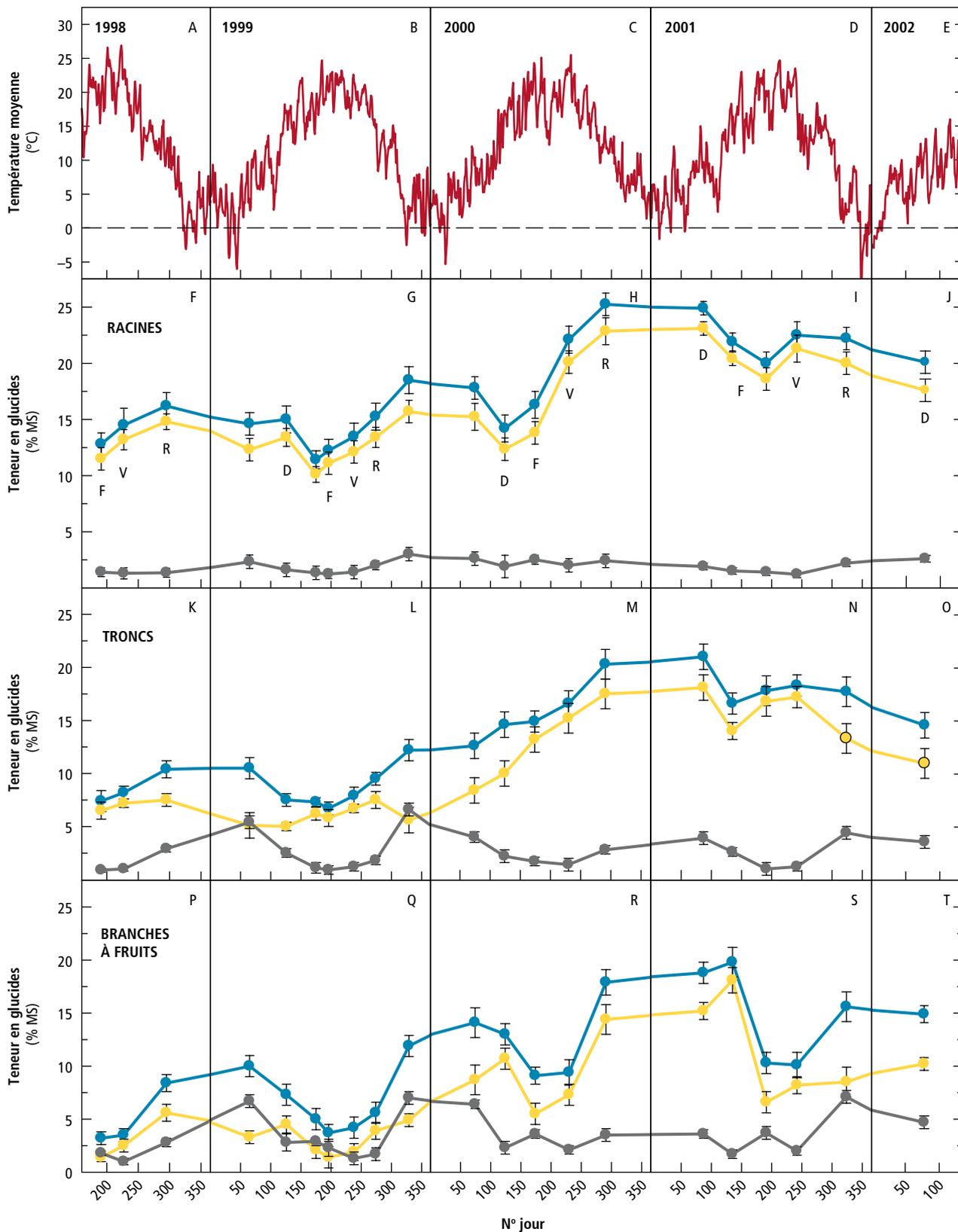
Les régressions polynomiales et les analyses de significativité au seuil ( $P \leq 0,05$ ) selon le test de Duncan ont été calculées avec le logiciel Sigmasat 3.1 (systat software, Point Richmond, CA).

## Résultats

### Evolution saisonnière de la teneur en glucides

L'évolution saisonnière de la teneur en glucides solubles (saccharose, glucose et fructose) et insolubles (amidon) dans les racines, le tronc et les branches à fruits montre que la plupart des glucides sont stockés sous forme d'amidon (fig.1). Dans les racines (fig.1F–J), la part de glucides solubles ne varie que très peu en cours de saison avec moins de 3 % de la matière sèche, tandis que celle en amidon passe de 12 à 25 % selon l'époque de l'année. L'amidon racinaire augmente progressivement un peu avant la floraison et plus fortement de la floraison à la véraison. Son accumulation se poursuit jusqu'à la récolte, et certaines années jusqu'à la chute des feuilles. L'amidon racinaire est dégradé durant l'hiver et un peu avant le débourrement, parfois même jusqu'à l'approche de la floraison.

Dans le tronc et les branches à fruits (fig.1K–T), l'amidon est également la forme de stockage préférentielle des glucides en cours de saison, mais en moindre concentration que dans les racines. L'amidon est converti en glucides solubles durant l'hiver en lien avec la chute des températures. La plus faible teneur en amidon coïncide avec la fermeture de la grappe dans les bois de deux ans. Le taux de glucides solubles passe de 2–3 % de la matière sèche à 7–8 % durant le mois de décembre et les deux premiers mois de l'année. La teneur en glucides solubles dans les branches à fruits et les troncs est la plus haute lorsque les températures journalières moyennes de l'air sont les plus basses,



**Figure 1** | Température moyenne de l'air (A-E) et évolution saisonnière des glucides solubles (saccharose, glucose, fructose), de l'amidon et des glucides totaux dans les branches à fruits (P-T), les troncs (K-O) et les racines (F-G) de Chasselas. Moyennes ± erreur standard de douze souches. Pully (CH), 1998–2002.

● Glucides totaux  
■ Amidon  
■ Glucides solubles

D = Débourrement  
 F = Floraison  
 V = Véraison  
 R = Récolte

env. 0°C dans nos essais (résultats non présentés). Globalement, les réserves en glucides observées dans les différents organes de la vigne sont maximales à la chute des feuilles et minimales un peu avant la floraison.

### Influence de la hauteur du feuillage

L'évolution saisonnière (année 2000) de la surface foliaire des souches est présentée à la figure 2. Les vignes maintenues à 0,75 m par rognages successifs ont développé une surface foliaire d'environ 2,5 m<sup>2</sup>/souche de la fin de la floraison jusqu'à la récolte. Dans la variante à 1,25 m de haut, la surface foliaire atteint environ 4,5 m<sup>2</sup>/souche de juillet à septembre. Chez les sarments d'un an et les branches à fruits (fig. 3 A–B), la teneur en glucides ne réagit pas à la hauteur du feuillage ou à la surface foliaire par souche. Dans les troncs et les racines (fig. 3 C–D), la concentration en glucides durant l'hiver (BBCH 0) et au stade débourrement (BBCH 11) des vignes maintenue à 0,75 m l'année précédente est inférieure à celle des vignes de 1,25 m. A la véraison (BBCH 81), par contre, la teneur en glucides des troncs et des racines est plus importante chez les vignes de 0,75 m. Toutefois, les analyses de glucides réalisées en 1998, 1999 et 2001 dans les différentes parties de la vigne ne montrent pas d'influence significative de la hauteur du feuillage sur la concentration en glucides solubles (fig. 4 A–D), en amidon (fig. 4 E–H) et en glucides totaux des racines (fig. 4 I–L), des troncs et des bois d'un an ou de deux ans (résultats non présentés).

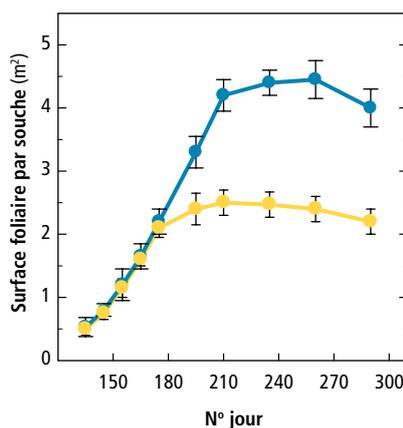
### Influence du rapport feuille-fruit

Le rapport feuille-fruit détermine largement la teneur en sucres des baies à la récolte durant les quatre années d'observation (fig. 5 A–D). Ces teneurs sont les plus élevées lorsque le rapport feuille-fruit dépasse 1,5 m<sup>2</sup> SFE/kg. La concentration en glucides des troncs et des racines quelques jours après la récolte (BBCH 91) est elle aussi fortement liée au rapport feuille-fruit

(fig. 5 E–L). La teneur en glucides totaux augmente avec l'accroissement du ratio «SFE/kg». Globalement, la teneur en glucides des troncs et des racines à la récolte culmine à 1,5 m<sup>2</sup> SFE/kg. Sur quatre ans d'étude, la teneur en glucides des racines pour un rapport feuille-fruit de 0,5 correspond à la moitié des valeurs maximales enregistrées à 1,5 m<sup>2</sup> SFE/kg (fig. 6 C). Comme l'amidon est la forme principale des glucides totaux

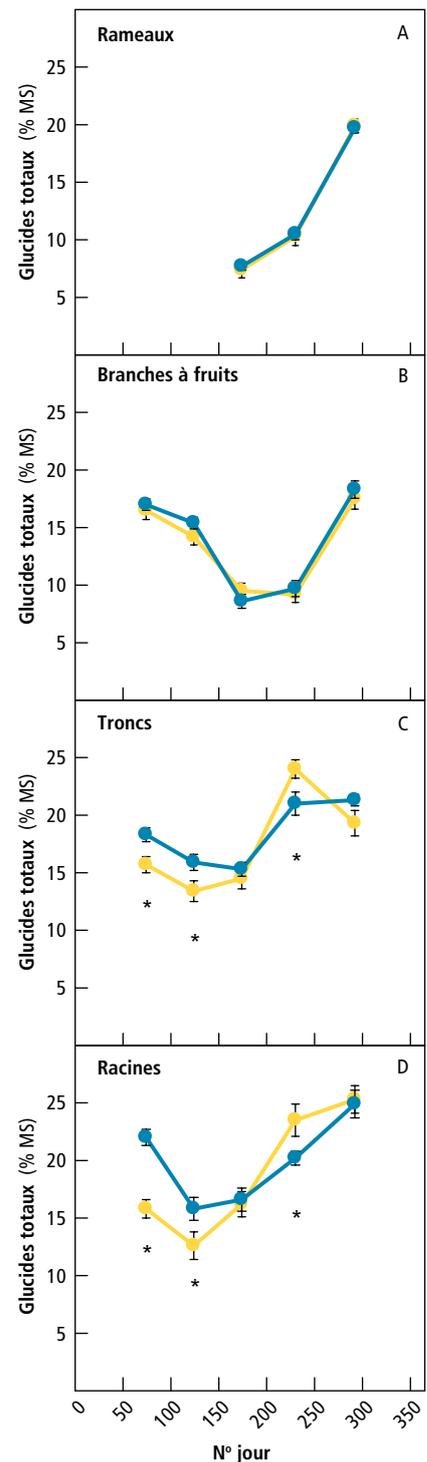
**Figure 2 |** Evolution saisonnière de la surface foliaire totale des souches de Chasselas durant la saison 2000 pour deux hauteurs de feuillage (0,75 et 1,25 m). Pully (CH).

● H = 0,75 m  
● H = 1,25 m

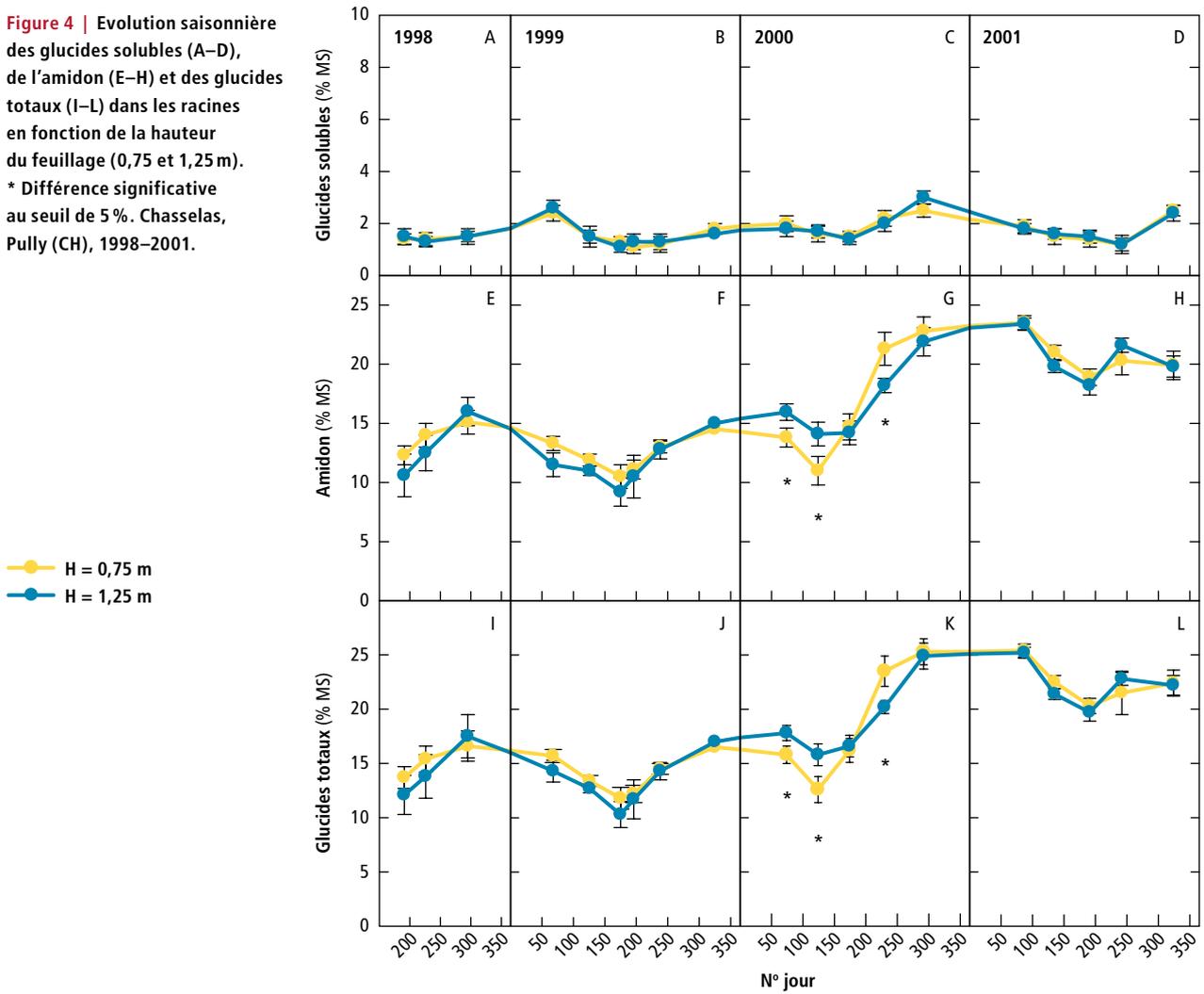


**Figure 3 |** Evolution saisonnière des glucides totaux dans les rameaux, les branches à fruits, le tronc et les racines en fonction de la hauteur de feuillage (0,75 et 1,25 m). \*Différence significative au seuil de 5%. Chasselas, Pully (CH), 2000.

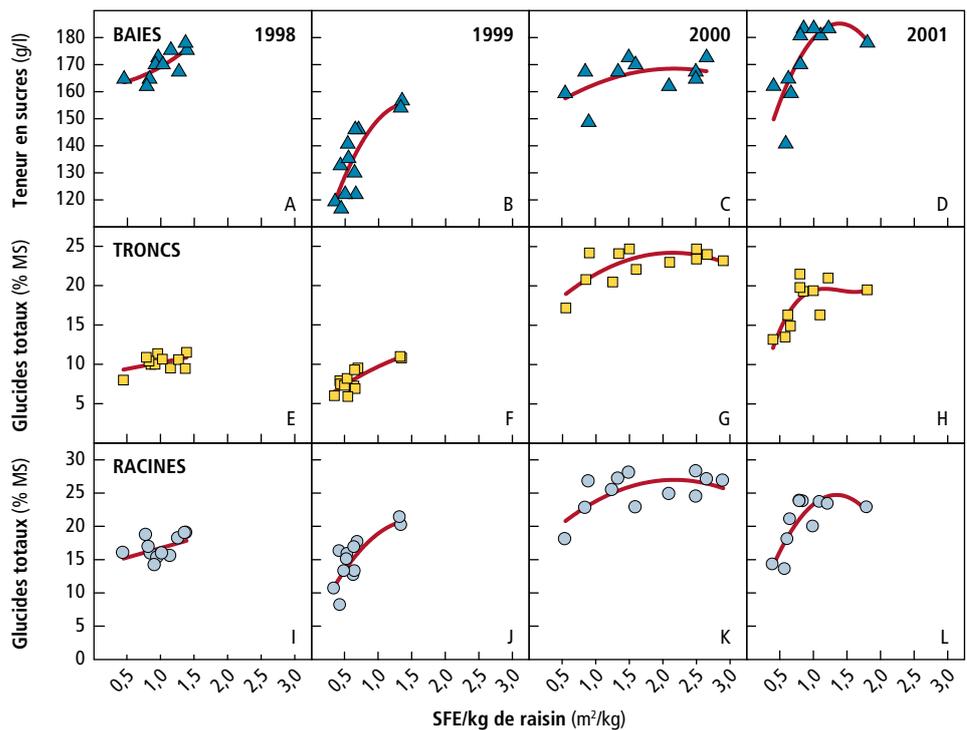
● H = 0,75 m  
● H = 1,25 m



**Figure 4** | Evolution saisonnière des glucides solubles (A–D), de l’amidon (E–H) et des glucides totaux (I–L) dans les racines en fonction de la hauteur du feuillage (0,75 et 1,25 m). \* Différence significative au seuil de 5%. Chasselas, Pully (CH), 1998–2001.



**Figure 5** | Influence du rapport feuille-fruit (SFE/kg) sur l’accumulation des sucres dans les baies (A–D) et la teneur en glucides totaux dans les troncs (E–H) et les racines (I–L) à la vendange. Chasselas, Pully (CH), 1998–2001.



stockés, la relation entre le rapport feuille-fruit et la teneur en amidon des troncs et des racines a été identique à celle des glucides totaux (fig. 6B). En revanche, les glucides solubles ont peu varié en fonction du rapport feuille-fruit (fig. 6A).

## Discussion

Le suivi saisonnier de la teneur en glucides a révélé que le Chasselas stocke principalement l'amidon dans ses racines, le tronc et le bois d'un et deux ans. Les glucides solubles ne représentent qu'une faible part (< 7 % MS) du carbone stocké dans les différentes parties de la vigne et surtout dans les racines (< 2 % MS), conformément aux observations de Koblet *et al.* (1993), Williams (1996), Zapata *et al.* (2004), Weyand et Schultz (2006) et Smith et Holzapfel (2009) sur d'autres cépages.

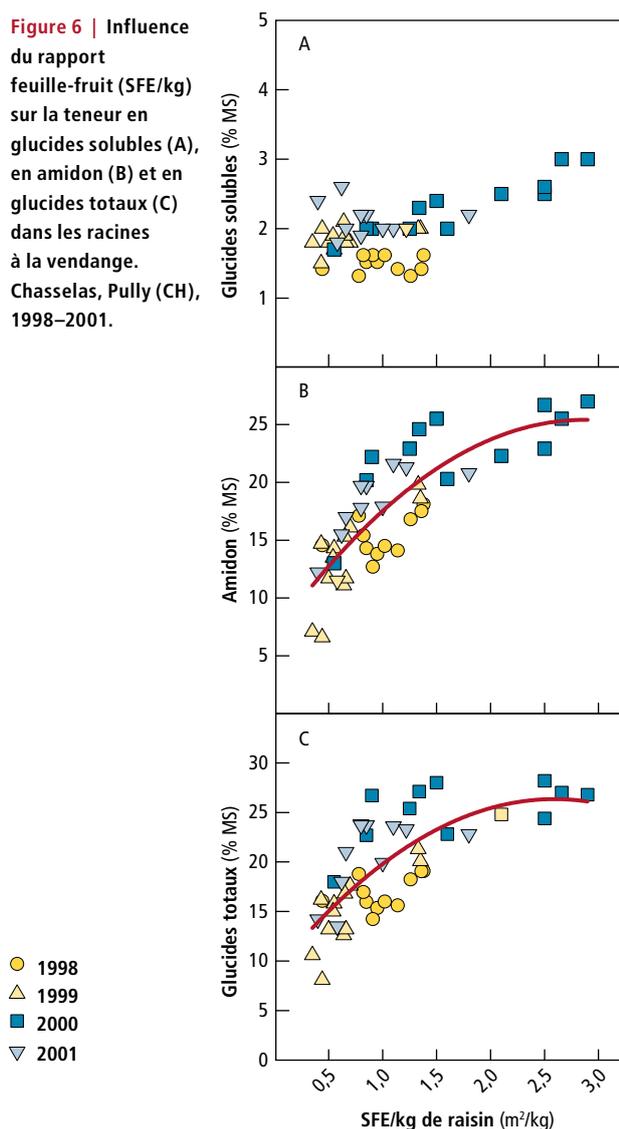
L'étude de la mobilisation de l'amidon des racines indique que leurs réserves carbonées sont déterminantes pour la croissance des tissus foliaires et racinaires du débourrement à la floraison (Korkas *et al.* 1994; Murisier 1996); durant cette phase, la croissance rapide des rameaux et des feuilles dépend essentiellement de la mobilisation des réserves carbonées et en particulier de l'amidon (Zapata *et al.* 2004), puisque la photosynthèse nette du feuillage ne couvre qu'une partie des besoins énergétiques en carbone. Dans les troncs et les tissus ligneux d'un et deux ans, l'amidon se convertit en glucides solubles pendant l'hiver, peut-être aptes à conférer une meilleure résistance au froid aux tissus ligneux (Wample et Bary 1992; Hamman *et al.* 1996).

La relation feuille-fruit influe fortement sur la teneur en amidon et en glucides du tronc et des racines à la récolte. Les glucides totaux des racines, par exemple, diminuent nettement lorsque ce rapport passe au-dessous de 1,5 m<sup>2</sup>/kg. Dans notre essai, la charge en raisins par souche est prépondérante pour ce paramètre, la surface foliaire par souche n'ayant qu'une faible influence sur le taux de glucides des racines à la récolte. Les travaux de Holzapfel *et al.* (2006) et de Smith et Holzapfel (2009) montrent également l'importance de la charge en fruits dans l'accumulation des glucides racinaires avant et après la récolte. Ces auteurs soulignent aussi que les vignes fortement chargées dépendent davantage des conditions climatiques post-récolte pour reconstituer leurs réserves glucidiques.

Murisier (1996) explique que la quantité de glucides (surtout l'amidon) stockés dans les parties pérennes de la vigne est corrélée au rapport feuille-fruit, mais également que le stockage de carbone influence la sensibilité de la vigne à la carence en fer (chlorose printanière): un stockage insuffisant dans les racines en cours de saison augmente fortement le risque de chlorose l'année suivante (Murisier et Aerny 1994). Ces réserves carbonées participent ainsi au développement de la surface foliaire au printemps, à la croissance racinaire, à la formation du rendement (taux de nouaison), aux besoins énergétiques (respiration), mais également à la défense et à la résistance de la vigne aux agressions biotiques (Jermini *et al.* 2010) et abiotiques.

Nos essais ont toutefois été conduits en l'absence de contrainte hydrique et dans un milieu très favorable à la croissance végétative. De manière générale, la restriction d'eau conditionne non seulement l'assimilation du carbone (photosynthèse), mais aussi le stockage et la mobilisation des glucides dans les différents organes puits d'une vigne (Candolfi-Vasconcelos *et al.* 1994). Ce paramètre devrait être étudié à l'avenir en fonction du rapport feuille-fruit.

**Figure 6 | Influence du rapport feuille-fruit (SFE/kg) sur la teneur en glucides solubles (A), en amidon (B) et en glucides totaux (C) dans les racines à la vendange. Chasselas, Pully (CH), 1998–2001.**



## Conclusions

- La vigne met en réserve des glucides principalement sous forme d'amidon dans ses parties ligneuses (racines, bois).
- L'amidon racinaire et des troncs est fortement mobilisé du débourrement à la floraison, ce qui se traduit par une diminution des réserves en glucides dans ces organes.
- A partir de la floraison, l'amidon s'accumule dans les racines, les troncs et les bois d'un et deux ans jusqu'à la chute des feuilles.
- Le rapport feuille-fruit (surface foliaire exposée SFE/kg de raisin) détermine fortement la teneur en amidon et en glucides totaux des troncs et des racines à la récolte.
- Le taux d'amidon et de glucides totaux augmente avec l'accroissement du rapport feuille-fruit pour culminer autour de 1,5 m<sup>2</sup> SFE/kg. Les glucides solubles, eux, varient peu en fonction du rapport feuille-fruit.
- Un rapport feuille-fruit de 1 à 1,2 m<sup>2</sup> SFE/kg de raisin est optimal pour la maturation du raisin comme pour la pérennité des souches, grâce au stockage des glucides dans les racines et les bois de la vigne. ■

## Remerciements

Les groupes de recherche en viticulture, œnologie et analyses des moûts et des vins d'Agroscope Changins-Wädenswil ACW ainsi que l'équipe du laboratoire de l'UMR Ecophysiologie et Génétique de la vigne de l'INRA de Bordeaux sont vivement remerciés pour leur assistance technique et analytique dans cette étude.

## Bibliographie

- Bloesch B. & Viret O., 2008. Stades phénologiques repères de la vigne. *Rev. suisse Vitic. Arboric. Hortic.* **40** (6), I–IV.
- Bergmeyer H.-V., 1984. Methods of enzymatic analysis, 3rd Edition. Vol. 6, Metabolites 1: Carbohydrates. Wiley-Publisher, 701 p.
- Candolfi-Vasconcelos M. C. & Koblet W., 1990. Yield, fruit quality, bud fertility and starch reserve of the wood as a function of leaf removal in *Vitis vinifera*. Evidence of compensation and stress recovering. *Vitis* **29**, 199–221.
- Candolfi-Vasconcelos M. C., Candolfi M. P. & Koblet W., 1994. Retranslocation of carbon reserves from the woody storage tissues into the fruit as a response to defoliation stress during the ripening period in *Vitis vinifera* L. *Planta* **192**, 567–573.
- Carboneau A., 1976. Principes et méthodes de mesure de la surface foliaire. Essai de caractérisation des types de feuilles dans le genre *Vitis*. *Ann. Amél. Plantes* **26** (2), 327–343.
- Carboneau A., 1995. La surface foliaire exposée potentielle. Guide pour sa mesure. *Progr. Agric. Vitic.* **112**, 204–212.
- Hamman R. A., Dami I. E., Walsh T. M. & Stushnoff C., 1996. Seasonal carbohydrate changes and cold hardiness of Chardonnay and Riesling grapevines. *Am. J. Enol. Vitic.* **47**, 31–36.
- Holzapfel B. P., Smith J. P., Mandel R. M. & Keller M., 2006. Manipulating the postharvest period and its impact on vine productivity of Semillon grapevines. *Am. J. Enol. Vitic.* **57**, 148–157.
- Jermini M., Blaise Ph. & Gessler C., 2010. Quantification of the influence of the downy mildew (*Plasmopora viticola*) epidemics on the compensatory capacities of *Vitis vinifera* cv. Merlot to limit the qualitative yield damage. *Vitis* **49** (4), 153–160.
- Keller M. & Koblet W., 1994. Is carbon starvation rather than excessive nitrogen supply the cause of inflorescence necrosis in *Vitis vinifera*? *Vitis* **33**, 81–86.
- Koblet W., Candolfi-Vasconcelos M. C., Aeschmann E. & Howel G. S., 1993. Influence of defoliation, rootstock and training system on Pinot Noir grapevines. I. Mobilization and reaccumulation of assimilates in woody tissue. *Vitic. Enol. Sci.* **48**, 104–108.
- Korkas E., Schaller K., Löhnertz O. & Lenz H., 1994. Die Dynamik, nicht-struktureller Kohlenhydrate in Reben (*Vitis vinifera* L. cv. Riesling) im Verlauf zweier Vegetationsperioden unter dem Einfluss einer langjährig variierten Stickstoffdüngung. Teil I: Vor und während der Austriebsphase. *Vitic. Enol. Sci.* **49**, 86–89.
- Murisier F., 1996. Optimisation du rapport feuille-fruit de la vigne pour favoriser la qualité du raisin et l'accumulation des glucides de réserve. Relation entre le rendement et la chlorose. PhD. Thesis, Ecole polytechnique fédérale de Zurich, Switzerland.
- Murisier F. & Aerny J., 1994. Influence du niveau de rendement de la vigne sur les réserves de la plante et sur la chlorose. Rôle du porte-greffe. *Rev. suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **26**, 281–287.
- Murisier F. & Zufferey V., 1997. Rapport feuille-fruit de la vigne et qualité du raisin. *Rev. suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **29** (6), 355–362.
- Smith J. P. & Holzapfel B. P., 2009. Cumulative responses of Semillon Grapevines to Late Season Perturbation of Carbohydrate Reserve Status. *Am. J. Enol. Vitic.* **60** (4), 461–470.



**Summary****Carbohydrate reserves in grapevine (cv. Chasselas): influence of leaf-fruit ratio**

The storage of carbohydrates (sugars) in different parts of the grapevine (canes, trunk and roots) was studied from 1998 to 2002 on Chasselas cultivar by Agroscope Changins-Wädenswil ACW at the Pully experimental vineyard. The vine primarily stores its carbohydrates, mainly as starch, in roots and trunk. During the winter, starch is partially converted into soluble sugars (sucrose, glucose and fructose) in trunk and canes, to provide protection against dropping temperatures and risk of tissues frost. A significant mobilisation of starch was observed in roots and trunks from budbreak to flowering, resulting in their lower starch reserves. The starch level increased in roots and trunks from flowering stage until harvest and sometimes until leaf fall. The leaf-fruit ratio, expressed by the "light-exposed leaf area (SFE)/kg fruit", largely influenced starch and total carbohydrate contents in the roots and trunks at the harvest. In our experimental conditions, starch and total carbohydrates contents in the roots were at peak levels when the leaf-fruit ratio reached 1.5 m<sup>2</sup> of SFE/kg.

**Key words:** carbohydrate reserves, leaf-fruit ratio, grapevines.

**Zusammenfassung****Kohlenhydratespeicher der Reben (cv. Chasselas): Einfluss des Blatt-Frucht-Verhältnisses**

Die Speicherung von Kohlenhydraten (Zucker) in den verschiedenen Rebenteilen (Fruchtruten, Stamm, Wurzeln) wurde von 1998 bis 2002 an der Rebsorte Chasselas auf dem Versuchsbetrieb Pully von Agroscope Changins-Wädenswil ACW untersucht. Die Rebe speichert ihre Kohlenhydrate hauptsächlich in Form von Stärke in den Wurzeln und im Stamm. Während des Winters wurde die Stärke im Stamm und in den Fruchtruten teilweise in löslichen Zucker (Saccharose, Glukose und Fruktose) umgewandelt, um Kälteeinbrüche und Frostschäden im Gewebe zu bekämpfen. Vom Knospenaufbruch bis zur Blüte wurde eine bedeutende Stärkemobilisierung in den Wurzeln und im Stamm festgestellt, was sich in einer Verringerung des Kohlenhydratespeichers in diesen Organen ausdrückte. Die Stärkekonzentration in den Wurzeln und im Stamm nahm von der Blütezeit bis zur Ernte und, in manchen Jahren, bis zum Laubfall zu. Das Blatt-Frucht-Verhältnis, das sich durch das Verhältnis zwischen der exponierten Blattfläche (SFE) und der Menge Trauben in Kilogramm bemisst, beeinflusste den Stärke- und Kohlenhydrategehalt der Wurzeln und der Stämme bei der Ernte massgeblich. Unter unseren Versuchsbedingungen erreichten die Stärke- und Kohlenhydratkonzentrationen Höchstwerte, als sich das Blatt-Frucht-Verhältnis 1,5 m<sup>2</sup> SFE/kg näherte.

**Riassunto****Riserva in glucidi nella vite (cv. Chasselas): influenza del rapporto foglia-frutto**

Nel sito sperimentale di Agroscope Changins-Wädenswil ACW a Pully si è studiato dal 1998 al 2002 lo sviluppo di riserve di glucidi (zuccheri) nelle diverse parti della vite (rami fruttiferi, tronco e radici). La vite deposita i suoi glucidi principalmente sotto forma di amido nelle radici e nel tronco. Durante l'inverno, l'amido è convertito, in parte, in zuccheri solubili (saccarosio, glucosio e fruttosio) nel tronco e nei rami fruttiferi per lottare contro l'abbassamento delle temperature ed i rischi di gelo dei tessuti. Un'importante mobilizzazione dell'amido radicale e dei tronchi è stata osservata dal germogliamento alla fioritura, che si traduce per una diminuzione delle riserve in glucidi in questi organi. Il tasso di amido delle radici e dei tronchi è aumentato dalla fioritura fino al raccolto e, a volte, fino alla caduta delle foglie. Il rapporto foglia-frutto, espresso dalla relazione tra la superficie fogliare esposta (SFE) e i chilogrammi di uva, ha molto influenzato il tenore in amido e in carboidrati totali delle radici e dei tronchi alla vendemmia. Nelle condizioni della prova, le concentrazioni in amido e in carboidrati totali delle radici erano massimali quando il rapporto foglia-frutto si avvicinava a 1,5 m<sup>2</sup> di SFE/kg.

- Wample R. L. & Bary A., 1992. Harvest date as a factor in carbohydrate Storage and Cold Hardiness of cabernet Sauvignon Grapevines. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 117 (1), 32–36.
- Weyand K. M. & Schultz H. R., 2006. Long-term dynamics of nitrogen and carbohydrate reserves in woody parts of minimally and severely pruned Riesling vines in a cool climate. *Am. J. Enol. Vitic.* 57 (2), 172–182.

- Williams L. E., 1996. Grapes. In photoassimilate distribution in plants and crops source-sink relationships. E. Zamski and A.A. Achaffer (Eds.), Marcel Dekker, New York, 851–880.
- Zapata C., Deléens E., Chaillou S. & Magné C., 2004. Partitioning and mobilization of starch and N reserves in grapevine (*Vitis vinifera* L.). *Journal of Plant Physiology* 161, 1031–1040.