



# Influence de l'irrigation sur le comportement de la vigne et sur la qualité de vins rouges dans les conditions du Valais central

J.-L. SPRING et V. ZUFFEREY, Station de recherche Agroscope Changins-Wädenswil ACW, Centre de recherche Pully, 1009 Pully

@ E-mail: [jean-laurent.spring@acw.admin.ch](mailto:jean-laurent.spring@acw.admin.ch)  
Tél. (+41) 21 72 11 563.

## Résumé

Un essai d'irrigation conduit à Leytron (VS) sur les cépages rouges Pinot noir, Gamay, Diolinoir et Humagne rouge a permis de confirmer l'incidence très positive d'une contrainte hydrique modérée sur la maturation du raisin et la qualité des vins. Une restriction en eau progressive et modérée à la véraison a entraîné un ralentissement de la croissance végétative et favorisé l'accumulation des sucres dans les baies. Les vins ont été plus colorés et riches en composés phénoliques, et préférés en dégustation. En condition de stress hydrique trop important et se prolongeant en cours de saison, ces avantages tendent à disparaître. Une relation étroite entre le déficit hydrique théorique et le niveau de contrainte hydrique de la vigne a été mise en évidence et pourrait servir d'aide à la décision pour irriguer.

## Introduction

Des études de caractérisation des terroirs viticoles (Seguin, 1983; van Leeuwen *et al.*, 1994; Tregoat *et al.*, 2002) montrent qu'à côté de facteurs climatiques comme la température ou l'insolation, l'alimentation en eau joue un rôle primordial dans le comportement de la vigne et la qualité des vins.

La sensibilité de la vigne au déficit hydrique est fonction de facteurs liés à la parcelle (réserve hydrique et nature du sol, mésoclimat) et de facteurs génétiques (cépages/porte-greffe, Düring et Scienza, 1980) et agronomiques (Champagnol, 1984). Un stress hydrique intense affaiblit les échanges gazeux (photosynthèse et transpiration foliaires), affecte le développement végétatif (surface foliaire) et réduit la durée du cycle végétatif (arrêt de la croissance). Son effet sur les composantes du rendement est fonction du stade phénologique où il apparaît, de sa durée et de son intensité. Ainsi, le nombre de baies par grappe, leur taille et leur poids final dépendent fortement des paramètres précités. Une sécheresse excessive peut en outre provoquer une réduction de l'accumulation des sucres dans les baies et un blocage de maturation (Spring, 1997). Dans une certaine mesure, le stress hydrique permet de concentrer les phénols du raisin par une diminution de la taille des baies et une action directe sur leur biosynthèse (Ojeda *et al.*, 2001; 2002).

Les excès tout comme les manques d'eau sont généralement néfastes à l'obtention d'une vendange de qualité. Une



Système d'irrigation au goutte-à-goutte utilisé pour l'arrosage des vignes en expérimentation à Leytron. *A gauche*, aspect du dispositif sur le rang, *à droite*, détail du système avec vanne d'ouverture.

alimentation hydrique illimitée tout au long de la saison induit un excès de vigueur qui altère la qualité de la récolte (hausse des rendements, phénomènes de dilution, réduction de la coloration des vins, etc.). Une contrainte hydrique progressive et modérée conduit en revanche à un ralentissement ou à un arrêt de la croissance végétative autour de la véraison et favorise ainsi la production de raisins plus riches en sucres, en anthocyanes et en composés phénoliques (van Leeuwen *et al.*, 1998; Carbonneau, 1998). Cet état se traduit au niveau édaphique par un épuisement quasi complet des réserves hydriques au cours de la maturation.

Pour étudier l'influence de ce paramètre sur une gamme de cépages blancs et rouges cultivés en Suisse, un essai d'irrigation a été mis en place en 1995 sur le domaine expérimental d'Agroscope Changins-Wädenswil ACW à Leytron (VS). Cet article présente les résultats agronomiques et œnologiques obtenus sur cépages rouges.

## Matériel et méthodes

L'essai a été implanté en 1995 sur le domaine expérimental d'ACW à Leytron (VS) dans le Valais central. Ce domaine est situé à 500 m d'altitude, sur un cône de déjection formé d'alluvions torrentielles. Le sol est léger, caillouteux, à forte dominance sableuse. Les précipitations annuelles moyennes s'élèvent à 636 mm. L'essai a été implanté avec sept cépages: Chasselas, Sylvaner et Petite Arvine pour les blancs, et Pinot noir, Gamay, Diolinoir et Humagne rouge pour les rouges, qui font l'objet de cette publication. Le porte-greffe est le 5BB et la vigne a été conduite en Guyot simple (180 cm × 100 cm). Deux variantes ont été mises en place:

A: variante non irriguée

B: variante irriguée au goutte-à-goutte, où 30% de l'évapotranspiration moyenne – calculée à partir d'une moyenne de dix ans de la Station de Sion aéroport – a été compensée pendant la période entre la floraison et la véraison (en général du 15 juin au 15 août). L'apport d'eau durant cette période, effectué de manière hebdomadaire, était de 9 l/m<sup>2</sup>/semaine (16 l/cep) sur une durée de neuf semaines, soit un apport total par année de 81 l/m<sup>2</sup> (145 l/cep).

L'essai a été implanté en split-plot avec quatre répétitions par variante de cépage et mode d'irrigation. La récolte a été limitée en visant une production d'environ 1 kg/m<sup>2</sup>.

## Etat d'alimentation hydrique de la plante

Le potentiel hydrique de base du feuillage, mesuré en fin de nuit (obscurité complète), a été déterminé selon les années trois à cinq fois en cours de saison. Ces mesures ont été effectuées avec une chambre à pression de marque PMS Instrument and Co., modèle 1002 (Scholander *et al.*, 1965).

En 2003, le rapport isotopique entre le carbone 13 et le carbone 12 (mesure de  $\Delta C_{13}$ ) a été mesuré sur des échantillons de moûts prélevés au foulage à la vendange (Avicé *et al.*, 1996).

## Activité photosynthétique, conductance stomatique, transpiration

Ces différents paramètres ont été mesurés en 2000 les 19 et 31 juillet, le 17 août, les 5 et 11 septembre, ainsi qu'en 2003 les 9 et 25 juillet, les 6 et 13 août, au moyen d'un analyseur à infrarouge de CO<sub>2</sub> de type ADC-LCA 3 (ADC, Hoddesdon, England). Les mesures ont été réalisées à raison de quatre feuilles par répétition pour la tranche horaire du matin (de 8h00 à 10h10 GMT) et de quatre feuilles pour l'après-midi (de 12h30 à 16h15 GMT). Les mesures ont été effectuées sur des feuilles adultes et ensoleillées de rameaux principaux (éclairage saturant > 1200  $\mu\text{mol photons/m}^2/\text{s}$ ).

## Observations viticoles

Les contrôles effectués étaient les suivants:

- relevé des composantes du rendement: fertilité des bourgeons, poids des baies et des grappes
- détermination des taux de N, P, K, Ca et Mg des feuilles situées dans la zone des grappes à la véraison (diagnostic foliaire)
- expression végétative par pesage du poids frais de trois rognages annuels et des bois éliminés à la taille
- taux de pourriture et de folletage des grappes (sur Humagne rouge) déterminés à la vendange.

À la vendange, les paramètres suivants ont également été examinés: le rendement et, sur les moûts au foulage, les taux de sucre, d'acidité totale, d'acides tartrique et malique, le pH, ainsi que la teneur en azote des moûts (indice de formol) selon la méthode proposée par Aerny (1996).

## Vinifications

Chaque procédé a fait l'objet d'une vinification au cours des millésimes 2000 à 2003. Les vins ont été vinifiés de manière standard avec foulage, égrappage et sulfitage (50 mg/l) de

la vendange, chaptalisation à 93 °Oe lorsqu'elle n'atteignait pas cette concentration en sucre, décuvage et centrifugation en fin de fermentation alcoolique. Les vins ont subi une fermentation malolactique avant d'être stabilisés chimiquement et physiquement. Une filtration a précédé les analyses des vins et la mise en bouteille. Les analyses courantes des moûts ont été effectuées selon le *Manuel suisse des Denrées alimentaires*. Les mesures de l'indice des phénols totaux (DO280), de l'intensité colorante et du dosage des anthocyanes ont été effectuées d'après Ribéreau-Gayon *et al.* (1972). Les vins ont été dégustés chaque année après la mise en bouteille par un collège de dégustateurs d'ACW. L'appréciation organoleptique des différents critères s'est effectuée sur une échelle de notation allant de 1 (mauvais, faible) à 7 (excellent, élevé).

## Résultats et discussion

### Caractérisation de l'alimentation en eau de la vigne

Les processus liés à la photosynthèse et à la croissance dépendent fortement de la teneur en eau dans les tissus végétaux. Une manière élégante d'évaluer la disponibilité en eau consiste à déterminer le «potentiel hydrique du feuillage». Cette mesure effectuée au moyen d'une chambre à pression permet d'évaluer la force avec laquelle l'eau est retenue dans le végétal. Plus les valeurs enregistrées sont basses (négatives), plus l'eau est retenue fortement à l'intérieur de la plante. Le suivi du potentiel hydrique en fin de nuit (potentiel hydrique de base) reflète bien l'évolution des disponibilités en eau (état des réserves hydriques du sol et profondeur d'enracinement; van Zyl, 1987). L'idéal en matière d'alimentation en eau de la vigne pourrait se résumer comme suit:

- peu ou pas de contrainte hydrique au printemps et en début d'été (édification de l'appareil foliaire)

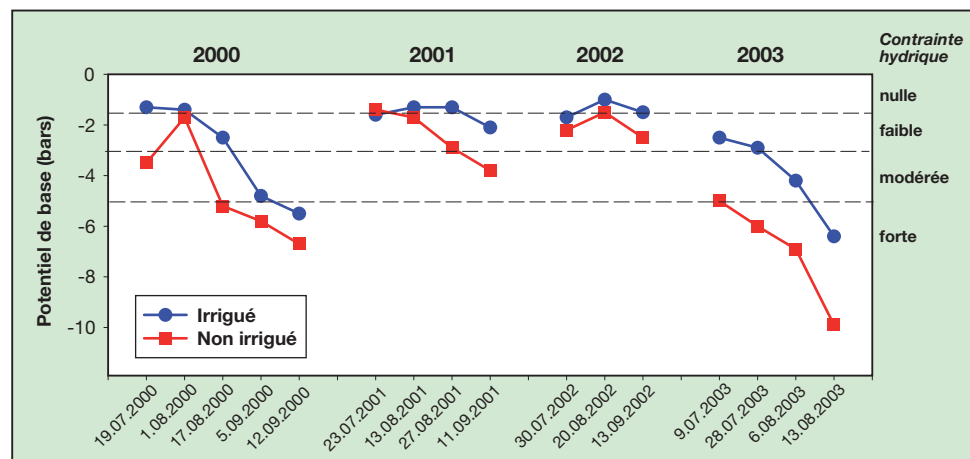


Fig. 1. Essai d'irrigation sur cépages rouges. Evolution du potentiel hydrique de base. Leytron (VS), 2000-2003. Moyennes des quatre cépages.

- contrainte hydrique modérée en cours de maturation, pour stopper la croissance et assurer un bilan net maximal d'assimilats à la disposition du raisin et pour la reconstitution des réserves, comme le décrit Carbonneau (2001).

Riou *et al.* (2001) ont proposé des seuils du potentiel de base pour caractériser la contrainte hydrique de la vigne:

- > -1,5 bar: absence de contrainte
- 1,5 à -3,0 bars: contrainte hydrique faible
- 3,0 à -5,0 bars: contrainte hydrique modérée
- < -5,0 bars: contrainte hydrique forte.

A Leytron (VS), l'évolution du potentiel hydrique de base en cours de maturation du raisin a été suivie durant les millésimes 2000 à 2003 (fig.1). On distingue clairement deux années sèches: 2000 avec une contrainte hydrique forte dès la mi-août en modalité non irriguée et 2003 où la contrainte est forte dès le début des mesures, le 9 juillet. En 2001, le stress hydrique – faible en début de saison – devient modéré dès la fin d'août, alors qu'en 2002, on observe peu ou pas de restriction de l'alimentation en eau. En 2001 et en 2002, la contrainte hydrique est absente dans la variante irriguée, alors qu'un stress modéré est enregistré dès la mi-août en 2000, ainsi qu'en 2003 dès la fin de juillet pour évoluer vers une contrainte forte dès la mi-août.

Pour le site de Leytron, il existe une bonne relation entre le déficit hydrique calculé (précipitations - ETP) et la contrainte hydrique subie par la vigne me-

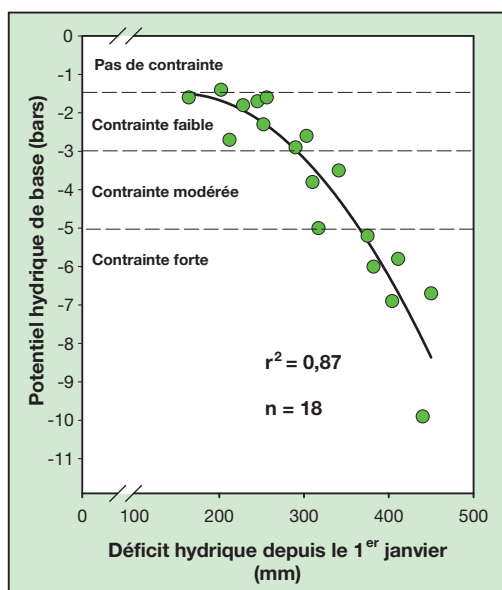


Fig. 2. Essai d'irrigation sur cépages rouges. Variantes non irriguées. **Relation entre le déficit hydrique cumulé depuis le 1<sup>er</sup> janvier et le potentiel hydrique de base.** Leytron (VS), 2000-2003. Moyennes des quatre cépages.

**Tableau 1. Essai d'irrigation sur cépages rouges à Leytron (VS). Caractérisation de la contrainte hydrique des millésimes 2000 à 2003 pour les mois de juillet à septembre, en fonction de la relation entre le déficit hydrique et le potentiel hydrique de base (fig. 2) pour la variante non irriguée.**

Millésime	Niveau de contrainte hydrique (nombre de jours)		
	Nul à faible	Modéré	Fort
2000	0	46	46
2001	70	22	0
2002	74	18	0
2003	5	17	70

surée par le potentiel hydrique de base (fig. 2). Des résultats identiques avaient été obtenus par Spring (1997) avec des cépages blancs comme le Chasselas et le Sylvaner. Cette étroite corrélation devrait permettre d'évaluer, de manière assez fiable, le niveau de contrainte exercé sur la vigne:

- contrainte nulle ou faible lorsque le déficit hydrique est inférieur à 300 mm;
- contrainte modérée avec un déficit hydrique situé entre 300 et 370 mm;
- contrainte forte au-delà de 370 mm.

En fonction de cette relation et de l'évolution du déficit hydrique constaté pour les quatre millésimes considérés (données météorologiques de Sion aéro-drome), nous avons établi, pour la période de juillet à septembre, un profil de l'état d'alimentation hydrique exprimé en nombre de jours où la vigne a dû subir une contrainte hydrique faible/nulle, modérée ou forte (tabl.1).

Il ressort du tableau 1 que les millésimes 2000 et surtout 2003 sont caractérisés par une contrainte hydrique importante, contrairement à 2001 et 2002 où celle-ci a été faible.

En 2003, année à très forte contrainte hydrique, une discrimination des isotopes du carbone  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  a été effectuée sur les sucres des moûts à la vendange (mesure du  $\Delta\text{C}_{13}$ ). Il convient de savoir qu'une proportion plus importante de l'isotope  $\text{C}_{13}$  est assimilée par la plante en période de forte restriction d'eau. Cette mesure permet de bien caractériser le niveau de contrainte hydrique qui a prévalu durant la période d'accumulation des sucres dans les baies (Gaudillère *et al.*, 1999; Zufferey et Murisier, 2006). Des valeurs plus élevées (moins négatives) du rapport  $\Delta\text{C}_{13}$  signalent une contrainte hydrique plus importante (tabl. 2). Dans notre essai, des différences marquées de  $\Delta\text{C}_{13}$  ont été notées entre les variantes irriguées et non irriguées qui reflètent bien l'état d'alimentation en eau de la vigne, me-

**Tableau 2. Essai d'irrigation sur cépages rouges à Leytron (VS). Discrimination isotopique du carbone ( $\Delta\text{C}_{13}$ ) effectuée sur les sucres des moûts prélevés au foulage en 2003.**

Cépage	Variante	( $\Delta\text{C}_{13}$ )
Pinot noir	Irriguée	-25,8
	Non irriguée	-23,6
Gamay	Irriguée	-25,6
	Non irriguée	-23,6
Diolinoir	Irriguée	-25,4
	Non irriguée	-23,5
Humagne rouge	Irriguée	-25,3
	Non irriguée	-23,3

suré par la technique du potentiel hydrique de base. Les différences entre les cépages sont, par contre, pratiquement inexistantes. Toutefois, selon certains auteurs (van Leeuwen *et al.*, 2001), le cépage aurait un effet dans la relation entre  $\Delta\text{C}_{13}$  et l'alimentation hydrique de la vigne, qui traduirait une utilisation de l'eau plus ou moins efficace en fonction de la variété. L'intérêt de l'indicateur  $\Delta\text{C}_{13}$  réside dans la simplicité de sa mise en œuvre par rapport aux indicateurs classiques du régime hydrique de la vigne comme les potentiels hydriques foliaires.

## Echanges gazeux

Parallèlement au suivi du potentiel hydrique de base, les échanges gazeux ont été mesurés en cours de journée sur des feuilles adultes soumises à un éclaircissement saturant durant les saisons 2000 et 2003. Les relations établies entre la con-

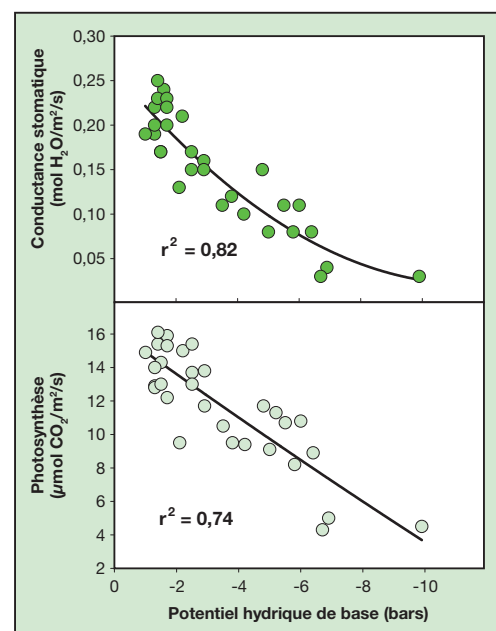


Fig. 3. Essai d'irrigation sur cépages rouges. **Relation entre le potentiel hydrique de base, la conductance stomatique et la photosynthèse.** Leytron (VS), 2000 et 2003. Moyennes des quatre cépages.



**ductance stomatique** qui exprime la facilité de diffusion de l'eau et du CO<sub>2</sub> à travers les stomates des feuilles, la **photosynthèse** et le **potentiel hydrique de base** sont reportées dans la figure 3 (mesures effectuées sur l'ensemble des cépages rouges durant neuf journées). Le déficit hydrique croissant entraîne la fermeture progressive des stomates, réduisant ainsi la photosynthèse. La diminution des échanges gazeux est déjà perceptible au-dessous d'un potentiel hydrique de base de -2 à -3 bars (début de la contrainte modérée), comme l'indiquent d'autres études (Schultz *et al.*, 1996). L'activité photosynthétique des feuilles est réduite de moitié lorsque le potentiel hydrique de base atteint environ -6 bars. Nos observations correspondent à celles relevées par Zufferey (2000) avec le cépage Chasselas.

La figure 4 présente le détail des mesures de photosynthèse, de conductance stomatique et de transpiration du feuillage effectuées en 2003, année à très forte contrainte hydrique pour les quatre cépages étudiés.

L'évolution du potentiel hydrique de base des feuilles est reportée sur la figure 5. Il apparaît qu'en période de très forte contrainte hydrique, les valeurs du Pinot noir sont un peu moins basses et celles de l'Humagne rouge un peu plus basses que la moyenne, dans les variantes non irriguées. La capacité photosynthétique, la conductance stomatique et la transpiration du feuillage du Pinot noir sont égale-

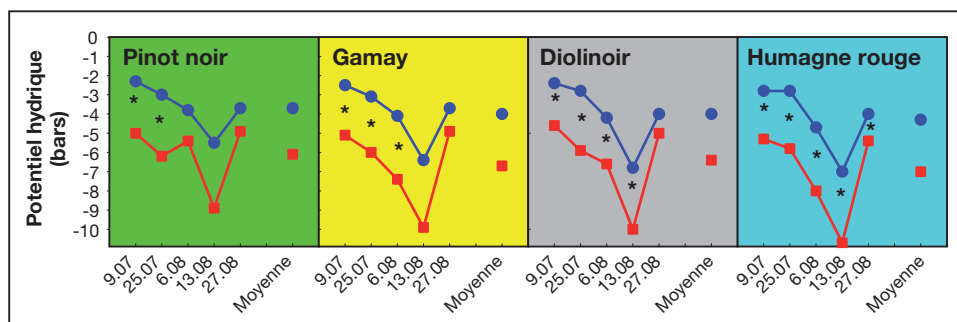


Fig. 5. Essai d'irrigation sur cépages rouges, Leytron (VS). **Evolution du potentiel hydrique de base** en cours de saison en 2003. Les astérisques signalent les différences significatives ( $p = 0,05$ ).

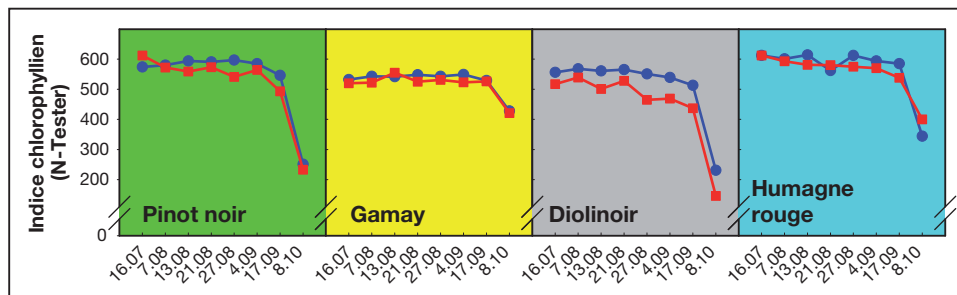


Fig. 6. Essai d'irrigation sur cépages rouges. **Indice chlorophyllien (N-Tester)** du feuillage. Leytron (VS), 2003.

ment demeurées un peu plus élevées que celles des autres cépages, particulièrement en période de fort stress hydrique, comme le montre la mesure prise durant l'après-midi du 6 août (fig. 4). Dans ces conditions extrêmes (températures très chaudes, hygrométrie de l'air très faible), les échanges gazeux du feuillage étaient pratiquement nuls chez les cépages Gamay, Diolinoir et Humagne rouge. Winkel et Rambal (1990) indiquent que la régulation de l'état hydrique du feuillage et

les disparités de comportement physiologique découlent d'aspects génétiques liés à l'origine géographique des cépages. Par ailleurs, la réponse des divers cépages à la contrainte hydrique ne se fait pas uniquement par la régulation stomatique des échanges gazeux, mais aussi par des mécanismes comme la résistance hydraulique au flux d'eau entre la partie racinaire et aérienne et le rapport entre le développement racinaire et foliaire entre autres (Dry et Lovey, 1999).

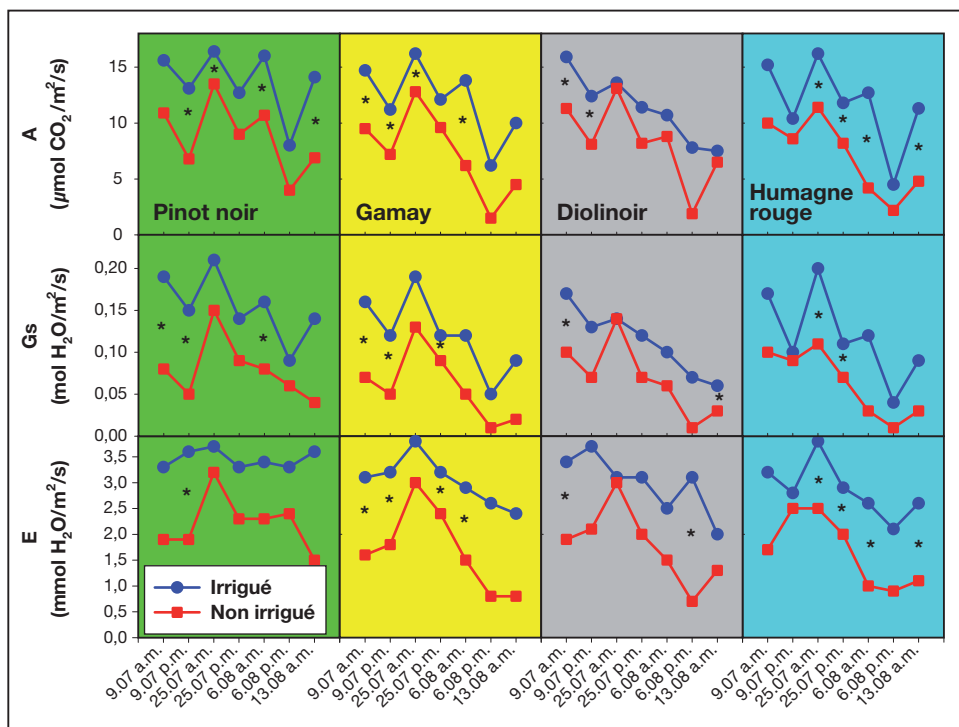


Fig. 4. Essai d'irrigation sur cépages rouges, Leytron (VS). **Activité photosynthétique, conductance stomatique et transpiration du feuillage** lors de quatre journées de mesures. Les astérisques signalent les différences significatives ( $p = 0,05$ ).

## Accidents physiologiques, problèmes phytosanitaires

Le fort stress hydrique, les températures et l'insolation très élevées qui ont régné durant l'été 2003 ont causé des dégâts foliaires (jaunissement et dessèchement des feuilles de la base des rameaux et des feuilles mal exposées situées à l'intérieur du plan de palissage) et l'échaudage de grappes ou parties de grappes fortement exposées au soleil. Le 18 août 2003, la sévérité du grillage du feuillage et des dégâts d'échaudage sur grappes a été évaluée. Ces résultats sont reportés dans le tableau 3. Des dégâts foliaires n'ont été notés que dans les variantes non irriguées soumises à un fort stress hydrique. Ces dégâts ont été particulièrement importants pour les cépages Humagne rouge et Diolinoir, tandis que le Pinot noir et surtout le Gamay étaient nettement moins touchés. Si la photosynthèse devient nulle lorsque la température des feuilles avoisine 40-45 °C (Zufferey, 2000), celles-ci présentent des détériorations de coloration irréversibles (grillage) au-delà de 45-50 °C selon Kriedmann (1968). Un fort stress hydrique favorise, de surcroît,

la fermeture complète des stomates et l'échauffement des feuilles lié à la réduction de la transpiration foliaire.

En 2003, un suivi de l'indice chlorophyllien (N-Tester) des feuilles principales situées dans la zone des grappes a été effectué (fig. 6). En général, l'indice chlorophyllien a été plus faible dans les variantes non irriguées, sauf pour le Gamay où les différences étaient faibles. Ces différences ont été très marquées chez le Diolinoir, par ailleurs fortement touché par des dégâts foliaires liés à la sécheresse.

Les dégâts sur grappes ont également été plus sévères dans les variantes non irriguées (tabl. 3); ils ont surtout touché le Gamay, connu pour sa sensibilité sur raisins verts avant véraison (Murisier, 1989). Le folletage des grappes est un accident physiologique en recrudescence dont les symptômes ont été décrits par plusieurs auteurs. L'Humagne rouge est un cépage particulièrement sensible à cet accident (Spring *et al.*, 2007). L'incidence de l'alimentation en eau sur le folletage des grappes de ce cépage à la vendange est reportée dans le tableau 4. Une interaction semble exister entre l'état d'alimentation hydrique et la gravité de cet accident qui n'apparaît pas lors de millésimes à forte contrainte hydrique, comme 2000 et 2003. En 2001 et 2002, le folletage a été beaucoup plus important dans les variantes irriguées, ce qui tend à montrer qu'il est favorisé par un niveau de contrainte hydrique faible ou nul.

L'attaque de pourriture du raisin a été contrôlée avant la vendange. Les taux constatés ont généralement été faibles et les différences ne sont pas significatives (tabl. 5). L'irrigation au goutte-à-goutte n'a pas entraîné d'augmentation nette du taux de pourriture dans le cadre de cet essai.

**Tableau 3. Essai d'irrigation sur cépages rouges à Leytron (VS). Sévérité du grillage du feuillage et de l'échaudage des grappes en 2003. Contrôle du 18.08.03.**

Cépage	Variante	Feuillage grillé (%)	Echaudage sur grappes (%)
Pinot noir	Irriguée	0	0,8
	Non irriguée	2,3	4,5
Gamay	Irriguée	0	5
	Non irriguée	0,3	20,3
Diolinoir	Irriguée	0	0,3
	Non irriguée	7,8	2,4
Humagne rouge	Irriguée	0	0
	Non irriguée	9,5	2,3

**Tableau 4. Essai d'irrigation sur cépages rouges à Leytron (VS). Folletage des grappes d'Humagne rouge, 2000-2003.**

Variante	% de folletage			
	2000	2001	2002	2003
Irriguée	0	5,5	11,4	0
Non irriguée	0	0,5	0,8	0
ppds p = 0,05	–	4,7	9,3	–

## Alimentation minérale de la vigne

Le tableau 6 réunit les résultats d'analyse des éléments minéraux dans les feuilles à la véraison et dans les moûts à la vendange. Des différences apparaissent principalement dans les taux de potassium des feuilles et des moûts, généralement plus bas dans les variantes

**Tableau 5. Essai d'irrigation sur cépages rouges à Leytron (VS). Taux de botrytis sur grappes à la vendange, 2000-2003.**

Cépage	Variante	Botrytis sur grappes (% d'attaque)			
		2000	2001	2002	2003
Pinot noir	Irriguée	5,6	0	8,1	0
	Non irriguée	2,2	0	2,8	0
ppds p = 0,05		2,8	–	n.s.	–
Gamay	Irriguée	0	0	2,6	0
	Non irriguée	0	0	1,2	0
ppds p = 0,05		–	–	n.s.	–
Diolinoir	Irriguée	0	0	0	0
	Non irriguée	0	0	0	0
ppds p = 0,05		–	–	–	–
Humagne rouge	Irriguée	8,7	3,4	6,2	0
	Non irriguée	6,2	10,0	7,4	0
ppds p = 0,05		n.s.	n.s.	n.s.	–

**Tableau 6. Essai d'irrigation sur cépages rouges à Leytron (VS). Alimentation minérale de la vigne, diagnostic foliaire et teneurs en éléments minéraux dans les moûts. Moyennes 2000-2003.**

Cépage	Variante	Diagnostic foliaire (% MS)					Teneur en éléments minéraux des moûts (mg/l)			Indice de formol des moûts
		N	P	K	Ca	Mg	K	Ca	Mg	
Pinot noir	Irriguée	2,29	0,33	0,99	3,96	0,37	2101	85	62	15,3
	Non irriguée	2,42	0,29	0,97	3,96	0,38	2031	84	61	16,7
ppds p = 0,05		0,10	0,02	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	0,5
Gamay	Irriguée	2,24	0,25	1,08	3,96	0,35	1762	112	75	15,3
	Non irriguée	2,29	0,24	0,88	3,97	0,39	1643	114	73	16,0
ppds p = 0,05		n.s.	n.s.	0,12	n.s.	n.s.	52	n.s.	n.s.	0,4
Diolinoir	Irriguée	2,23	0,31	0,95	3,76	0,39	2016	103	70	15,2
	Non irriguée	2,26	0,28	0,88	3,75	0,42	1971	104	72	16,3
ppds p = 0,05		n.s.	n.s.	0,10	n.s.	n.s.	40	n.s.	n.s.	0,4
Humagne rouge	Irriguée	2,39	0,31	1,41	3,23	0,25	2066	71	62	8,2
	Non irriguée	2,36	0,30	1,36	2,00	0,26	1951	76	57	8,0
ppds p = 0,05		n.s.	n.s.	0,08	0,18	n.s.	55	n.s.	n.s.	n.s.

Tableau 7. Essai d'irrigation sur cépages rouges à Leytron (VS). Poids des bois de taille, 2000-2003.

Cépage	Variante	Poids des bois de taille (g/cep)			
		2000	2001	2002	2003
Pinot noir	Irriguée	654	808	638	524
	Non irriguée	626	782	662	490
ppds p = 0,05		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Gamay	Irriguée	507	624	345	303
	Non irriguée	490	583	378	306
ppds p = 0,05		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Diolinoir	Irriguée	587	682	571	428
	Non irriguée	527	625	534	406
ppds p = 0,05		55	n.s.	n.s.	n.s.
Humagne rouge	Irriguée	903	1060	806	635
	Non irriguée	844	1096	811	678
ppds p = 0,05		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

non irriguées. Les taux d'azote des moûts sont en général, excepté pour l'Humagne rouge, un peu plus élevés dans les variantes non irriguées, ce qui pourrait éventuellement traduire la compétition engendrée par la poursuite d'une croissance tardive des entre-cœurs dans la variante irriguée, phénomène déjà évoqué par Spring *et al.* (2007).

### Croissance végétative

La croissance végétative estimée par le poids des trois rognages annuels montre, d'une part, l'influence du profil climatique de l'année (moins de croissance en année sèche) et, d'autre part, celle de l'irrigation (fig. 7). Les variantes irriguées se distinguent surtout par une croissance significativement supérieure lors du dernier rognage en août. Cette croissance tardive est susceptible d'entrer en compétition avec la ma-

turation du raisin (Carbonneau, 2001). Les poids des bois de taille sont présentés dans le tableau 7. Ils ne se distinguent pratiquement pas entre variantes irriguées ou non irriguées, même en années sèches.

### Composantes du rendement

Le tableau 8 rend compte des moyennes 2000-2003 des contrôles de la fertilité des bourgeons, des poids des baies et

Tableau 8. Essai d'irrigation sur cépages rouges à Leytron (VS). Composantes du rendement. Moyennes 2000-2003.

Cépage	Variante	Fertilité des bourgeons (grappes/bois)	Intensité du dégrappage (- x grappes/cep)	Poids des baies (g/baie)	Poids des grappes (g/grappe)	Rendement (kg/m <sup>2</sup> )
Pinot noir	Irriguée	1,88	- 3,6	1,65	202	1,053
	Non irriguée	1,75	- 2,6	1,54	195	0,981
ppds p = 0,05		n.s.	—	n.s.	n.s.	n.s.
Gamay	Irriguée	2,09	- 7,9	2,23	249	0,973
	Non irriguée	2,08	- 7,2	2,09	235	1,039
ppds p = 0,05		n.s.	—	0,11	n.s.	n.s.
Diolinoir	Irriguée	2,04	- 7,2	1,47	280	1,114
	Non irriguée	1,97	- 5,8	1,43	278	1,215
ppds p = 0,05		n.s.	—	n.s.	n.s.	n.s.
Humagne rouge	Irriguée	1,50	- 5,7	2,15	370	1,081
	Non irriguée	1,46	- 5,1	1,92	356	1,112
ppds p = 0,05		n.s.	—	0,14	n.s.	n.s.

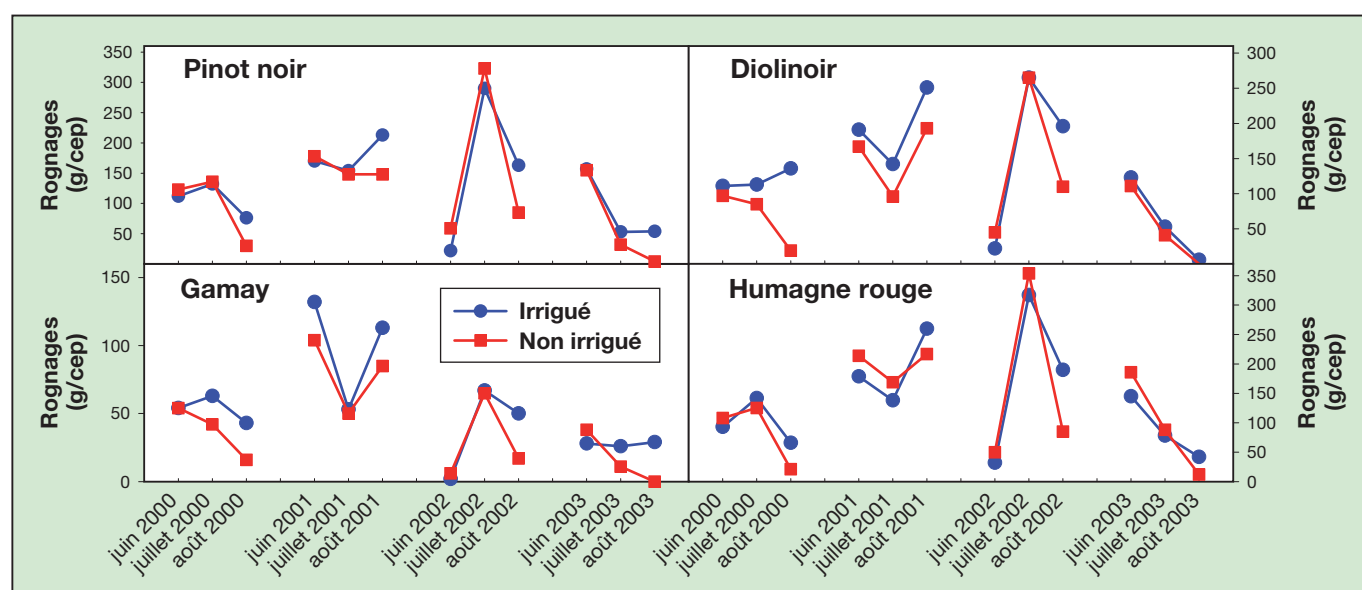


Fig. 7. Essai d'irrigation sur cépages rouges. Poids frais des rognages (g/cep). Leytron (VS), 2000-2003.

Fig. 8. Essai d'irrigation sur cépages rouges. Réfractométrie des moûts. Leytron (VS), 2000-2003.

des grappes, de l'intensité du dégrappage effectué en été, ainsi que des rendements. Pratiquement aucune différence n'est à signaler sauf un poids moyen des baies un peu plus faible pour l'Humagne rouge et le Gamay en modalité non irriguée. Ces différences résultent essentiellement des observations faites en 2003 où les poids des baies des différents cépages ont été nettement plus faibles en variante non irriguée en raison de la forte contrainte hydrique intervenue tôt dans la saison.

## Teneur en sucre des moûts

La figure 8 montre une influence marquée de l'alimentation en eau sur la richesse en sucre des moûts. Les valeurs sont plus élevées pour les variantes non irriguées lorsqu'une contrainte hydrique modérée intervient pendant la maturation du raisin. Cet avantage est perdu lorsque la contrainte est forte durant une période prolongée, ce qui a été le cas en 2003 pour tous les cépages et en 2000 pour l'Humagne rouge, dont le cycle végétatif est nettement plus tardif: la période de maturation de ses raisins s'est ainsi déroulée dans un stress hydrique plus marqué que pour les cépages plus précoces.

## Acidité des moûts et des vins

Les teneurs en acidités totale, tartrique et malique, ainsi que le pH des moûts et des vins, sont réunis dans le tableau 9. Dans les moûts, ce sont essentiellement les teneurs en acide malique qui sont plus basses, tandis que les vins ont tendance à présenter des teneurs en acide tartrique un peu plus élevées dans les variantes non irriguées, probablement en relation avec la teneur en potassium plus basse des moûts.

## Composés phénoliques des vins

Les analyses de l'indice des phénols totaux (DO 280), de l'intensité colorante et du dosage des anthocyanes ont été effectuées d'après Ribéreau-Gayon *et al.* (1972). La figure 9 permet de constater que les variantes non irriguées se dis-

Fig. 9. Essai d'irrigation sur cépages rouges. Indice des phénols totaux (IPT), des teneurs en anthocyanes et de l'intensité colorante des vins. Leytron (VS), 2000-2003.

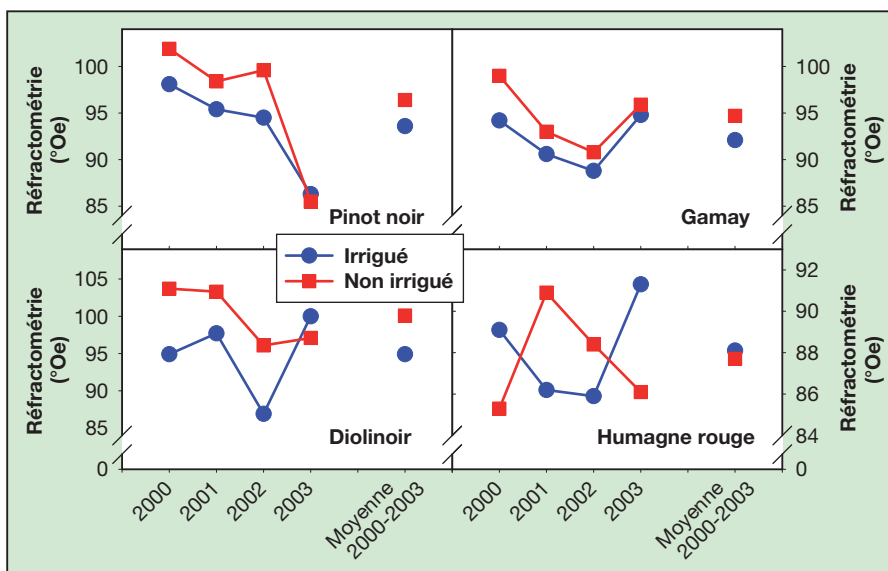
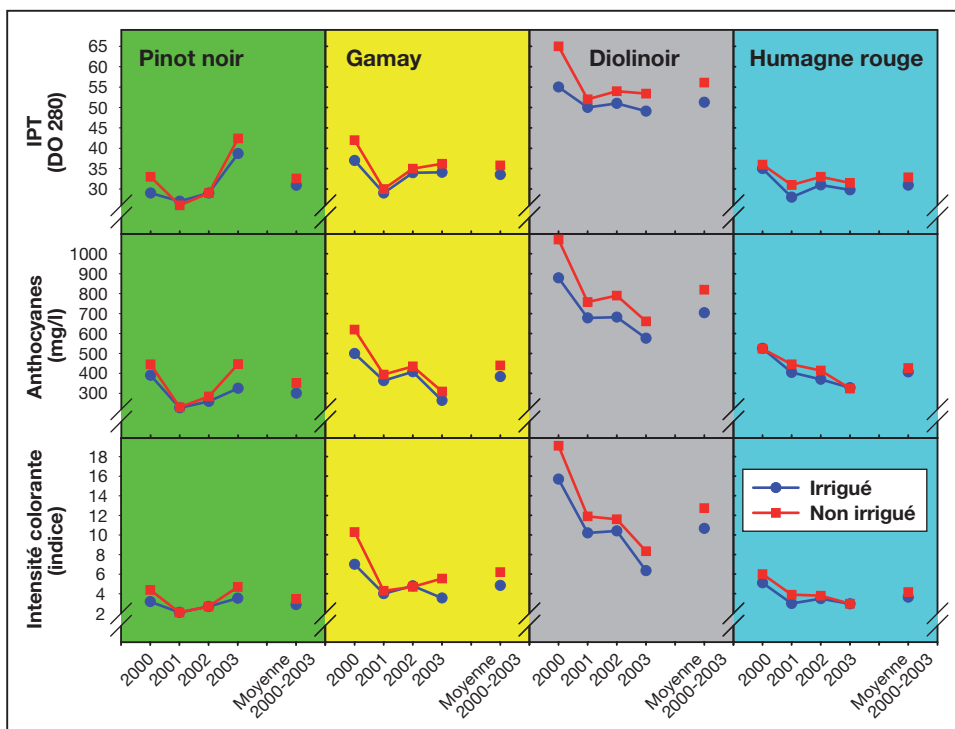


Tableau 9. Essai d'irrigation sur cépages rouges à Leytron (VS). Acidité des moûts au foulage et dans les vins.

Cépage	Variante	Moût au foulage				Vin en bouteille		
		pH	Acidité totale <sup>1</sup> (g/l)	Acide tartrique (g/l)	Acide malique (g/l)	pH	Acidité totale <sup>1</sup> (g/l)	Acide tartrique (g/l)
Pinot noir	Irriguée	3,15	9,4	6,9	4,8	3,70	4,7	1,1
	Non irriguée	3,17	8,9	7,1	4,2	3,77	4,3	1,2
ppds p = 0,05		0,02	n.s.	n.s.	0,4	—	—	—
Gamay	Irriguée	3,11	9,5	7,2	4,6	3,47	5,2	1,9
	Non irriguée	3,10	9,3	7,7	3,9	3,36	5,6	2,4
ppds p = 0,05		n.s.	n.s.	0,4	0,4	—	—	—
Diolinoir	Irriguée	3,14	9,2	7,3	4,1	3,74	4,9	1,7
	Non irriguée	3,19	8,4	7,2	3,4	3,73	4,8	1,9
ppds p = 0,05		0,02	0,5	n.s.	0,6	—	—	—
Humagne rouge	Irriguée	3,29	6,5	6,0	2,8	3,79	3,8	1,1
	Non irriguée	3,31	5,6	5,9	2,2	3,75	3,9	1,3
ppds p = 0,05		0,02	0,6	n.s.	0,5	—	—	—

<sup>1</sup>Exprimée en acide tartrique.





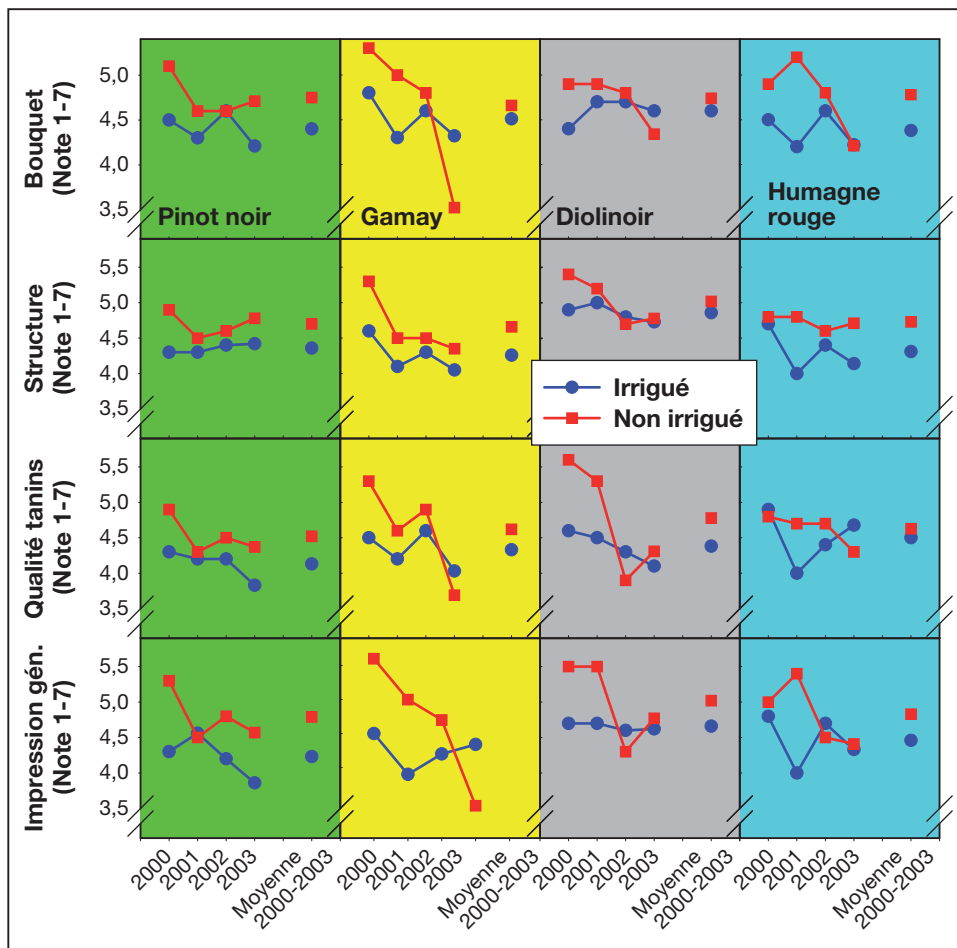


Fig. 10. Essai d'irrigation sur cépages rouges. **Appréciation organoleptique.** Notation de 1 = faible, mauvais à 7 = élevé, excellent. Leytron (VS), 2000-2003.

tinguent souvent par des vins un peu plus colorés et plus riches en composés phénoliques. Les différences sont particulièrement importantes pour le cépage Diolinoir et de manière générale dans les millésimes 2000 et 2003 où la contrainte hydrique était la plus marquée. C'est chez le cépage Humagne rouge que les différences sont les plus faibles.

### Appréciation organoleptique

La figure 10 réunit les résultats des dégustations effectuées quelques semaines après la mise en bouteille par le collègue d'ACW pour quatre critères clés: la qualité des arômes, la structure des vins, la qualité des tannins et l'appréciation générale des vins. Globalement, les variantes non irriguées ont été mieux appréciées. En année à fort stress hydrique (2003), cet avantage semble disparaître pour certains cépages comme le Gamay, le Diolinoir ou l'Humagne rouge. Le Pinot noir issu de la variante non irriguée a été globalement préféré sur l'ensemble des millésimes.

### Remerciements

Toute l'équipe du produit Viticulture & Œnologie de la Station de recherche Agroscope Changins-Wädenswil ACW qui a participé à cette expérimentation à la vigne, à la cave et au laboratoire est vivement remerciée de sa précieuse collaboration.

### Conclusions

- L'essai d'irrigation conduit sur les cépages Pinot noir, Gamay, Diolinoir et Humagne rouge à Leytron (VS) a permis de confirmer l'incidence très positive d'une contrainte hydrique modérée en phase de maturation du raisin; cet effet s'est traduit par:
  - un ralentissement de la croissance végétative
  - une meilleure accumulation des sucres
  - des raisins moins riches en acide malique
  - des vins un peu plus colorés et riches en composés phénoliques
  - des vins préférés en dégustation.
- Ces avantages disparaissent lorsque la contrainte est trop importante et trop prolongée, notamment à cause d'une diminution marquée des échanges gazeux.
- Pour le site de Leytron (VS), une bonne relation peut être établie entre le déficit hydrique théorique et le niveau de contrainte hydrique de la vigne.
- Cette relation devrait être testée dans d'autres terroirs et pourrait, le cas échéant, servir à bien caractériser la contrainte hydrique de la vigne, pour pouvoir décider à bon escient s'il est nécessaire d'irriguer.
- L'accident physiologique du folletage des grappes a été favorisé sur le cépage Humagne rouge par l'absence de contrainte hydrique.

### Bibliographie

- Aerny J., 1996. Composés azotés des moûts et des vins. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **28** (3), 161-165.
- Avicé J., Ourry A., Lemaire G. & Boucaud J., 1996. Nitrogen and carbon flows estimated by  $^{15}\text{N}$  and  $^{13}\text{C}$  pulse-chase labeling regrowth of alfalfa. *Plant Physiol.* **112**, 281-290.
- Carbonneau A., 1998. Irrigation, vignoble et produits de la vigne. Chapitre IV, Traité d'irrigation, Jean-Robert Tiercelin, Editions TEC & DOC Lavoisier, Paris, 257-276.
- Carbonneau A., 2001. Gestion de l'eau dans le vignoble: théorie et pratique. Compte-rendu des 12<sup>es</sup> journées du GESCO, Montpellier, 3-7 juillet, 3-21.
- Champagnol F., 1984. Eléments de physiologie de la vigne et de viticulture générale. Ed. Champagnol F., Montpellier, 351 p.
- Dry P. R. & Loveys B. R., 1999. Grapevine shoot growth and stomatal conductance are reduced when part of the root system is dried. *Vitis* **38** (4), 151-156.
- Düring H. & Scienza A., 1980. Drought resistance of some *Vitis* species and cultivars. Proc. 3rd Intern. Symposium on Grape Breeding, University of California, Davis, 179-189.
- Gaudillère J.-P., van Leeuwen C., Ollat N., Goutouly F. & Champagnol F., 1999.  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ . Discrimination measured in tartrate and sugars in mature grapevine berries. *Acta Hort.* **493**, 63-68.
- Kriedemann P. E., 1968. Photosynthesis in vine leaves as a function of light intensity, temperature, and leaf age. *Vitis* **7**, 213-220.
- Murisier F., 1989. Echaudage des raisins en Valais. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **21** (5), 293-294.
- Ojeda H., Deloire A., Carbonneau A., 2001. Influence of water deficits on grape berry growth. *Vitis* **40** (3), 141-145.
- Ojeda H., Ary C., Kraeva E., Carbonneau A. & Deloire A., 2002. Influence of pre- and post- veraison water deficit on synthesis and concentration of skin phenolic compounds during berry growth of *Vitis vinifera* L., cv Shiraz. *Am. J. Enol. Vitic.* **53** (4), 261-267.
- Ribéreau-Gayon J., Peynaud E., Sudraud P. & Ribéreau-Gayon P., 1972. Sciences et techniques des vins. Tome I. Analyses et contrôles des vins. Ed. Dunod, Paris, 497-503.
- Riou C. & Payan J. C., 2001. Outils de gestion de l'eau en vignoble méditerranéen. Application du bilan hydrique au diagnostic du stress hydrique de la vigne. Compte-rendu des 12<sup>es</sup> journées du GESCO, Montpellier, 3-7 juillet, 125-133.



- Scholander P. F., Hammel H. T., Bradstreet E. D. & Hemmingzen E. A., 1965. Sap Pressure in Vascular Plants. *Science* **148**, 339-346.
- Schultz H. R. & Lebon E., 1996. Whole vine carbon gain and stomatal conductance during water deficit. I. Scaling up from the leaf to the canopy. *In: GESCO proceedings*, August 21-23, Budapest, Hungary, 151-156.
- Séguin G., 1983. Influence des terroirs viticoles sur la constitution et la qualité des vendanges. *Bulletin OIV* **623**, 3-18.
- Spring J.-L., 1997. Comportement physiologique des cépages Chasselas, Sylvaner, Gamay et Pinot noir dans les conditions sèches du Valais central. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **29** (5), 265-271.
- Spring J.-L. & Burgos S., 2002. Alimentation hydrique: un élément clé du comportement de la vigne et de la qualité du raisin. Les conférences d'Agrovina, Journée d'information viticole, Martigny, 23 janvier 2002, 28-36.
- Spring J.-L. & Siegfried W., 2007. Dessèchement de la rafle et folletage des grappes: deux accidents physiologiques de la vigne souvent confondus. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **39** (1), 71-74.
- Spring J.-L. & Zufferey V., 2007. Expression végétative et alimentation azotée de la vigne. Observations sur Chasselas et Pinot noir. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **39** (5), 315-321.
- Tregoa O., van Leeuwen C., Chone X. & Gaudillère J.-P., 2002. Etude du régime hydrique et de la nutrition azotée de la vigne par des indicateurs physiologiques. Influence sur le comportement de la vigne et la maturation du raisin (*Vitis vinifera* L. cv Merlot, 2000, Bordeaux). *J. int. Sci. Vigne Vin* **36** (3), 133-142.
- van Leeuwen C. & Seguin G., 1994. Incidences de l'alimentation en eau de la vigne appréciée par l'état hydrique du feuillage sur le développement végétatif et la maturation du raisin. *J. int. Sci. Vigne Vin* **28**, 81-110.
- van Leeuwen C., Renard R., Leriche O., Molot C. & Soyer J. P., 1998. Le fonctionnement de trois sols viticoles du Bordelais: conséquences sur la croissance et sur le potentiel œnologique du raisin en 1997. *Revue française d'Œnologie* **170**, 28-32.
- van Leeuwen C., Gaudillère J.-P. & Tregoa O., 2001. L'évaluation du régime hydrique de la vigne à partir du rapport isotopique  $^{13}C/^{12}C$ . L'intérêt de sa mesure sur les sucres du moût à maturité. *J. int. Sci. Vigne Vin* **35** (4), 195-205.
- van Zyl J. L., 1987. Diurnal Variation in Grapevine Water Stress as a Function of Changing Soil Water Status and Meteorological Conditions. *S. Afr. Enol. Vitic.* **8** (2), 45-50.
- Winkel T. & Rambal S., 1990. Stomatal conductance of some grapevines growing in the field under a mediterranean environment. *Agricultural and Forest Meteorology* **51**, 107-121.
- Zufferey V., 2000. Echanges gazeux des feuilles chez *Vitis vinifera* L. (cv. Chasselas) en fonction des paramètres climatiques et physiologiques et des modes de conduite de la vigne. Thèse de doctorat, EPF Zurich, 335 p.
- Zufferey V. & Murisier F., 2006. Terroirs viticoles vaudois et alimentation hydrique de la vigne. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **38** (5), 283-287.

## Summary

### Influence of irrigation on vine plant behaviour and on wine quality in red wine rootstocks cultivated in central Wallis, Switzerland

Irrigation experiments conducted in Leytron (Wallis, Switzerland) on the red wine rootstocks Pinot noir, Gamay, Diolinoir and red Humagne led to confirmation of the highly positive effect of moderate water stress on grape ripening and wine quality. A gradual and moderate restriction in water supply at the time of fruit ripening resulted in a slowing down of plant growth and favoured the accumulation of sugar in berries. The resulting wines had a deeper colour, were richer in phenol compounds and preferred by wine tasters. Under conditions of greater and longer water stress, these advantages tended to be cancelled out. A close relationship was established between the theoretical water deficit and water stress levels measured in the vineyards, which could be exploited as a tool to decide if an irrigation is required.

**Key words:** irrigation, water stress, plant behaviour, wine quality.

## Zusammenfassung

### Einfluss der Wasserversorgung auf das Verhalten der Rebe und auf die Weinqualität roter Rebsorten

Im Rahmen eines Bewässerungsversuches, der in Leytron (VS) mit den Rotweinsorten Blauburgunder, Gamay, Diolinoir und Humagne rouge durchgeführt wurde, konnte der überaus positive Einfluss eines moderaten Wasserstress auf die Traubenreife und die Weinqualität werden. Die Verzögerung des vegetativen Wachstums und eine Erhöhung der Zuckerakkumulation in den Beeren wurden durch einen progressiven und mässigen Wasserstress während der Veraison verursacht. Die Weine waren in diesem Fall färbiger und phenolreicher, und wurden bevorzugt in der Degustation. Im Gegenteil, wenn es einen zu hohen Wasserdefizit im Saison gibt, verschwinden diese Vorteile. Eine enge Beziehung zwischen dem theoretischen Wasserdefizit und dem Wasserstress der Rebe wurde nachgewiesen, welche für den Bewässerungsentscheid herangezogen werden könnte.

## Riassunto

### Influenza dell'irrigazione sul comportamento della vite e la qualità dei vini di vitigni rossi nelle condizioni del Vallese centrale

Una prova d'irrigazione condotta a Leytron (VS) sui vitigni rossi Pinot nero, Gamay, Diolinoir e Humagne rouge ha permesso di confermare l'incidenza positiva di una carenza idrica moderata sulla maturazione delle uve e la qualità dei vini. Una restrizione idrica progressiva e moderata all'invasatura ha determinato un rallentamento della crescita vegetativa e favorito l'accumulo degli zuccheri negli acini. I vini sono risultati più colorati e ricchi in composti fenolici e sono stati preferiti alla degustazione. In condizioni di stress idrico troppo importante e prolungato nel corso della stagione, questi vantaggi tendono a sparire. È stato messo in evidenza una stretta relazione tra il deficit idrico teorico e il livello di carenza idrica della vite, ciò potrebbe servire come aiuto alla decisione nel giudicare l'opportunità dell'irrigazione.