

Influence du régime hydrique sur le comportement de la vigne et la qualité des vins d'Humagne rouge

Vivian Zufferey¹, Thibaut Verdenal¹, Jean-Sébastien Reynard¹, Agnes Dienes-Nagy², Sandrine Belcher², Fabrice Lorenzini², Johannes Röstl³, Katia Gindro², Jorge E. Spangenberg⁴, Olivier Viret⁵, Christoph Carlen⁶, Jean-Laurent Spring¹

¹Agroscope, 1009 Pully, Suisse

²Agroscope, 1260 Nyon, Suisse

³Office de la viticulture et de l'agroécologie, 2012 Auvernier, Suisse

⁴Université de Lausanne, Institut des dynamiques de la surface terrestre (IDYST), 1015 Lausanne, Suisse

⁵Service de l'agriculture et de la viticulture (SAVI), 1110 Morges, Suisse

⁶Agroscope, 1964 Conthey, Suisse

Renseignements: Vivian Zufferey, e-mail: vivian.zufferey@agroscope.admin.ch

<https://doi.org/10.34776/afs13-77> Date de publication: 15. Juin 2022



Figure 1 | Essai d'irrigation des vignes d'Humagne rouge et folletage des grappes dans le vignoble expérimental d'Agroscope à Leytron, Valais (Suisse). Carole Parodi, Agroscope

Résumé

Un essai d'irrigation a été mené de 2010 à 2016 sur le domaine expérimental d'Agroscope à Leytron (Valais) afin d'étudier l'effet du régime hydrique de la vigne sur la maturation des raisins et la qualité des vins d'Humagne rouge. La restriction progressive et modérée en eau en cours de saison a provoqué une vigueur plus faible des rameaux et favorisé la maturation des raisins (teneur en sucres des baies plus élevée et acidité plus faible) comparativement à des vignes sans contrainte hydrique. La teneur en azote des moûts a diminué avec l'accroissement du stress hydrique. Les vins ont été plus colorés et riches en composés phénoliques et préférés à la dégustation dans le cas d'une contrainte hydrique modérée à forte. La restriction en eau a diminué fortement le risque de folletage des grappes par rapport aux vignes bien alimentées en eau (vignes irriguées).

Key words: irrigation, water stress, grapevine physiology, berry shrivel, berry composition, wine quality

Introduction

Les conditions d'alimentation en eau de la vigne jouent un rôle prépondérant sur le comportement physiologique (vigueur des souches, potentiel de rendement) et la qualité des raisins et des vins. La sensibilité de la vigne à la sécheresse dépend de facteurs liés à la parcelle (nature du sol, réserve en eau, mésoclimat) et varie selon des facteurs génétiques (cépage/porte-greffe) et agronomiques (entretien du sol, densité de plantation, rapport feuille-fruit, etc.). Néanmoins, la grande capacité d'exploration racinaire de la vigne permet à celle-ci d'endurer des restrictions importantes en eau selon les terroirs.

L'intensité de la sécheresse, sa période d'apparition et sa durée sont des facteurs décisifs pour leur influence sur la taille finale des baies et, par conséquent, sur le rendement et la composition des moûts et des vins (Deloire *et al.*, 2004). Une contrainte hydrique progressive (dès la nouaison) et modérée conduit à un ralentissement et/ou à un arrêt de la croissance végétative autour de la véraison qui favorise la production de raisins moins acides et plus riches en sucres, en anthocyanes et en composés phénoliques (van Leeuwen *et al.*, 2009, Zufferey *et al.*, 2017). Des conditions de restriction modérée en eau sont généralement reconnues comme favorables à l'élaboration de vins rouges de garde et de grande qualité (van Leeuwen *et al.*, 2009).

Par ailleurs, des études ont montré que le régime hydrique de la vigne influençait fortement la sensibilité des cépages à un accident physiologique, nommé folletage des grappes, qui perturbe les processus de maturation des baies (Raifer & Roschatt, 2001; Spring & Siegfried, 2007). Le cépage Humagne rouge est particulièrement vulnérable à cet accident qui provoque l'apparition de grappes peu sucrées et très acides (Zufferey *et al.*, 2015). Les causes restent mal connues et, à ce jour, aucun agent pathogène identifié n'y a été associé (Krasnow *et al.*, 2009). La forte baisse d'accumulation des sucres et d'eau observée dans les baies atteintes suggère un dysfonctionnement du phloème (tissu conducteur de la sève élaborée) (Keller *et al.*, 2006).

Afin d'étudier l'influence du régime hydrique sur le comportement physiologique de la vigne et sur la qualité des raisins et des vins d'Humagne rouge, un essai d'irrigation permettant de créer différents régimes hydriques de la vigne en cours de saison a été mis en place sur le domaine expérimental d'Agroscope à Leytron (Valais) (fig. 1). Les effets de l'alimentation en eau sur la vigueur des rameaux, les risques de folletage des grappes, les composantes du rendement et la qualité des raisins et des vins ont été analysés. Les résultats de ces analyses sont présentés dans cet article.

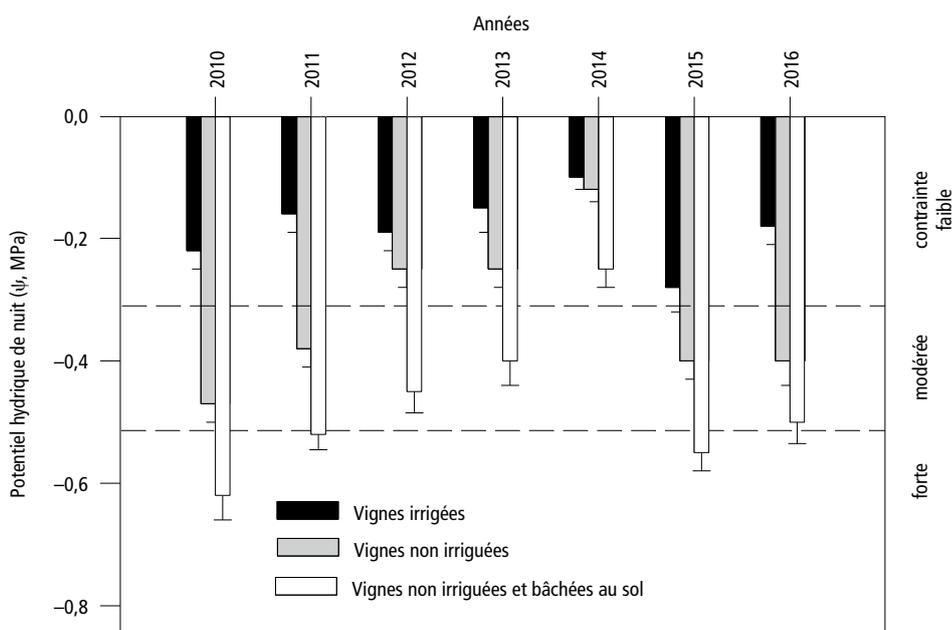


Figure 2 | Valeurs du potentiel hydrique de nuit (ψ_{base}) enregistrées à la véraison de chaque année pour des vignes irriguées de la floraison à la véraison et des vignes non irriguées avec ou sans dispositif de bâchage au sol. Moyennes \pm erreur standard. Humagne rouge, Leytron (Suisse), 2010–2016.

Matériel et méthodes

Dispositif expérimental

L'expérimentation a été menée de 2010 à 2016 sur le domaine expérimental d'Agroscope à Leytron dans le Valais central. Le sol est très caillouteux et perméable avec une réserve utile en eau (RU) estimée à environ 150 mm. Les précipitations annuelles moyennes s'élèvent à près de 600 mm (tabl. 1). L'essai a été réalisé avec de l'Humagne rouge, greffé sur 5BB en 1995. La vigne est conduite en Guyot simple (180 × 100 cm) avec 6 rameaux par souche. Trois variantes ont été mises en place:

La première variante a été irriguée au goutte-à-goutte, de la floraison à la véraison (en général du 15 juin au 15 août). L'irrigation permet de compenser environ 30 % de l'évapotranspiration moyenne, calculée à partir d'une moyenne de 20 ans de la Station météorologique de l'Aéroport de Sion (MétéoSuisse). L'apport d'eau, réalisé de façon hebdomadaire, s'est élevé à 9 l/m²/semaine (16 l/souche) sur une durée de 9 semaines, soit 81 l/m² de sol ou 145 l/souche. La deuxième variante n'a pas été irriguée. Enfin, la troisième variante n'a pas été irriguée et une bâche imperméable et non réfléchissante a été posée au sol afin d'éliminer les eaux de pluies de la fin avril jusqu'aux vendanges et de créer si possible un stress hydrique important. L'essai a été mené avec 40 souches par variante, disposée en split-plot de 4 répétitions de 10 souches chacune.

Tableau 1 | Précipitations mensuelles (mm) sur le domaine expérimental de Leytron (Suisse) durant les sept années d'étude (2010-2016), en comparaison avec les moyennes à long terme (1981-2010)

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	Long terme
Janvier	11	22	57	21	42	55	110	51
Février	29	7	0	59	79	11	104	47
Mars	27	14	5	29	5	63	19	42
Avril	8	5	51	45	29	12	38	35
Mai	120	43	52	83	34	123	76	49
Juin	15	40	37	24	17	34	45	54
Juillet	73	69	51	52	106	35	46	58
Août	45	22	65	30	87	78	27	57
Septembre	22	42	52	45	15	14	14	44
Octobre	14	34	39	67	30	29	32	52
Novembre	36	2	53	95	44	42	75	52
Décembre	70	168	152	17	42	4	0	64
Année	470	468	614	567	530	500	586	603

La récolte a été limitée en visant une production d'environ 1,0 kg/m² avec une suppression de 6 grappes par cep en moyenne des années au stade petit pois.

Régime hydrique de la vigne

Le régime hydrique de la vigne a été déterminé au moyen d'indicateurs physiologiques tels que le potentiel hydrique foliaire de base et la composition isotopique du carbone dans les sucres du moût à la vendange. Le

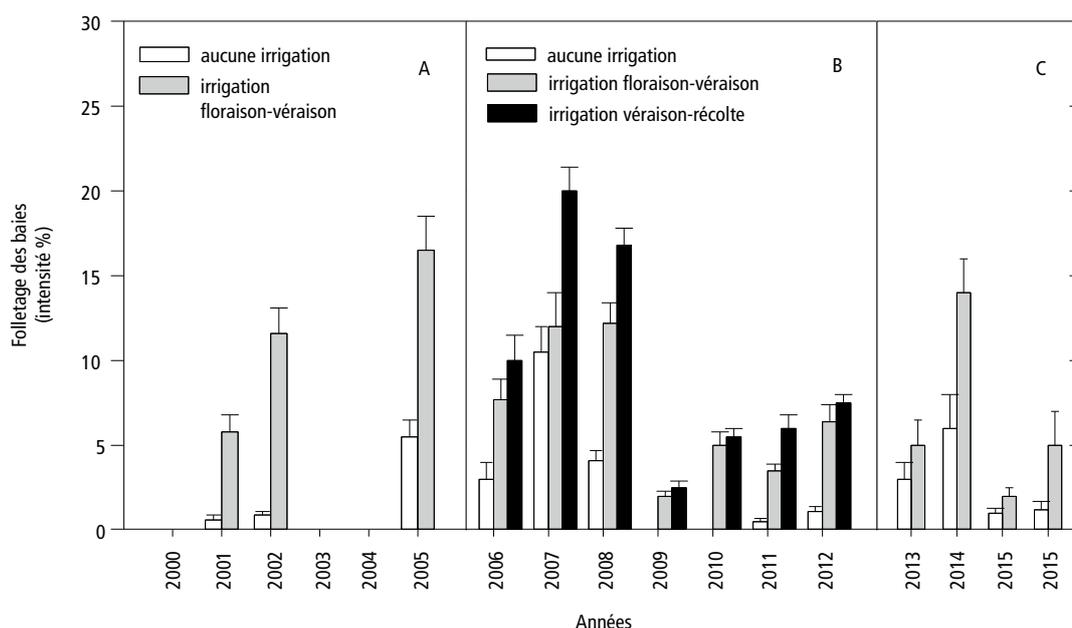


Figure 3 | Intensité du folletage des baies en fonction du niveau et de la période d'irrigation de la vigne. Moyennes ± erreur standard. Humagne rouge, Leytron (Suisse), 2000-2016.

potentiel hydrique foliaire de nuit, nommé potentiel de base (ψ_{base}), a été mesuré en fin de nuit à l'obscurité complète, chaque année autour de la véraison (début d'août), avec une chambre à pression de marque PMS Instrument and Co., modèle 1002 (Scholander *et al.*, 1965). Les mesures de potentiel hydrique de base ont été faites sur des feuilles adultes, non sénescentes, situées dans la zone médiane du rameau. La composition isotopique du carbone ($\delta^{13}C$ ou rapport entre le ^{13}C et le ^{12}C) a été analysée sur des échantillons de moût prélevés au foulage à la vendange selon la méthodologie d'Avicé *et al.* (1996).

Observations viticoles et vinifications

La fertilité des rameaux (nombre d'inflorescences par rameau), le poids des baies et des grappes à la vendange ont été déterminés pour chaque variante d'irrigation. L'analyse du taux de N, P, K, Ca et Mg des feuilles situées dans la zone des grappes à la véraison (diagnostic foliaire) a été effectuée. L'indice chlorophyllien a été évalué par la mesure du N-tester (Yara, Nanterre, France) sur des feuilles adultes au-dessus de la zone des grappes à la véraison.

L'incidence du folletage a été estimée en évaluant le pourcentage (%) de baies atteintes sur chaque grappe (échelle de 0-10-25-50-75-100 %). Toutes les grappes des

Tableau 2 | Températures moyennes mensuelles (°C) sur le domaine expérimental de Leytron (Suisse) durant les sept années d'étude (2010–2016), en comparaison avec les moyennes à long terme (1981–2010)

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	Long terme
Janvier	-1,5	0,2	1,5	1,0	2,6	1,4	2,2	-0,1
Février	1,5	2,9	-1,7	0,0	4,2	1,3	4,4	1,8
Mars	6,1	7,9	9,1	5,2	8,4	7,9	6,6	6,5
Avril	11,8	14,2	10,9	10,9	12,8	12,2	11,3	10,4
Mai	14,0	17,0	16,1	12,5	15,6	15,6	14,7	14,9
Juin	18,9	18,8	20,0	18,1	20,1	20,6	18,7	18,1
Juillet	21,8	18,6	20,3	21,6	19,3	24,0	21,5	20,1
Août	18,5	21,0	21,3	20,2	18,4	20,9	21,0	19,2
Septembre	14,8	17,8	15,8	16,3	16,9	14,9	18,4	15,2
Octobre	10,3	10,4	11,5	12,7	13,0	10,5	10,1	10,3
Novembre	5,5	5,2	6,4	3,8	8,1	5,9	5,8	4,3
Décembre	-0,6	1,9	0,6	0,4	2,7	2,2	-0,7	0,6
Année	10,1	11,3	11,0	10,1	11,7	11,5	11,2	10,1

40 souches par variante ont été évaluées. A la vendange, les paramètres suivants ont également été examinés: le rendement, la teneur en sucres (% Brix), les taux d'acidité totale, d'acides tartrique et malique, le pH et la teneur en azote assimilable des moûts (indice de formol) selon la méthode proposée par Aerny (1996). En hiver, les bois de taille par souche (10 souches par répétition) ont été pesés.

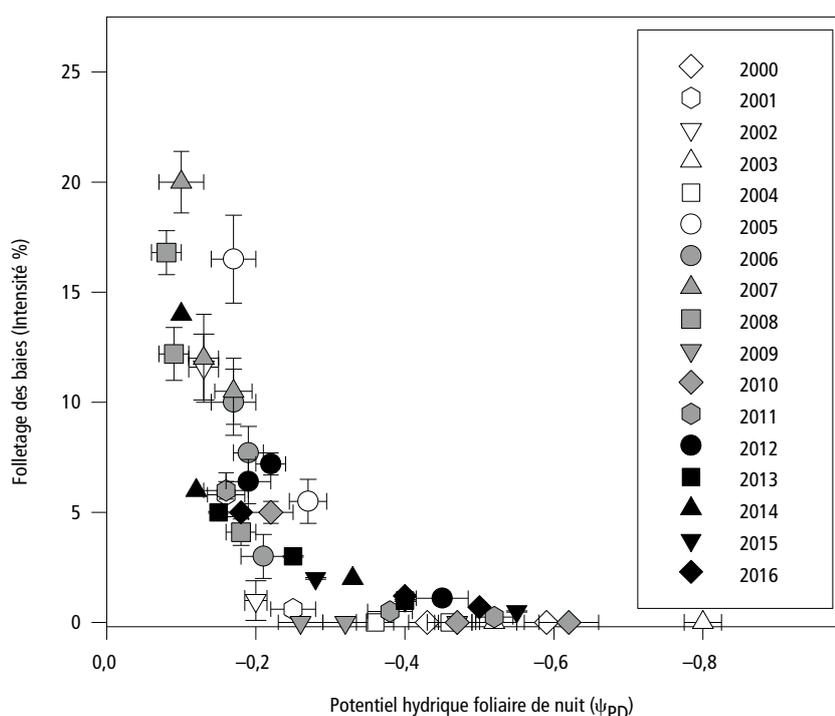


Figure 4 | Intensité du folletage des baies en fonction du régime hydrique de la vigne, mesuré par le potentiel hydrique de nuit de la véraison à la récolte. Moyennes \pm erreur standard.

Humagne rouge, Leytron (Suisse), 2000–2016.

Chaque variante d'irrigation a fait l'objet d'une vinification durant la période 2010–2016. Les vins ont été vinifiés de manière standard avec foulage, égrappage et sulfitage (50 mg/l) de la vendange. Les vins ont subi une fermentation malolactique avant d'être stabilisés chimiquement et physiquement. Des mesures d'anthocyanes (DO 520) et de l'indice des polyphénols totaux (DO 280) en vins ont été effectuées selon Ribéreau-Gayon *et al.* (1998). Les vins ont été dégustés chaque année par un panel de 12 dégustatrices et dégustateurs d'Agroscope. L'analyse sensorielle de nombreux descripteurs (liés au bouquet et à la qualité des vins en bouche) a été réalisée selon une échelle de notation allant de 1 (faible, mauvais) à 7 (élevé, excellent).

Résultats et discussion

Caractérisation du régime hydrique de la vigne

La mesure du potentiel hydrique foliaire de base (ψ_{base}), effectuée de nuit, renseigne sur les disponibilités en eau du sol pour la plante en lien avec la capacité de colonisation racinaire (van Zyl 1987). Cette mesure permet d'évaluer la force avec laquelle l'eau est retenue dans les tissus de la plante. Plus les valeurs de ψ_{base} sont négatives, plus l'eau est retenue fortement et exerce une contrainte hydrique croissante. De nos jours, les valeurs du potentiel hydrique sont exprimées en méga Pascals (MPa): une valeur de $-1,0$ MPa correspond à -10 bars. Des seuils d'interprétation du potentiel hydrique de base ont été proposés pour caractériser la contrainte hydrique (Van Leeuwen *et al.*, 2009). Lorsque les valeurs sont supérieures à $-0,15$ Mpa, on estime que la contrainte hydrique est nulle. Des valeurs situées entre $-0,15$ et $-0,3$ MPa signalent une contrainte faible. De $-0,3$ à $-0,5$ MPa, la contrainte devient modérée et, pour des valeurs inférieures à $-0,5$ MPa, la contrainte est considérée comme forte.

L'irrigation des vignes de la floraison à la véraison a permis de maintenir un régime hydrique non limitant tout au long de la saison, avec des valeurs de ψ_{base} généralement supérieures à $-0,3$ MPa à la véraison (fig. 2). L'absence d'irrigation a entraîné une contrainte hydrique modérée de la vigne, qui s'est déclenchée dans la majorité des années autour de la véraison selon les précipitations estivales. Durant les étés chauds et secs en 2010, 2011, 2015 et 2016 (tabl. 1 et 2), la contrainte hydrique est devenue forte dans les vignes non irriguées et bâchées au sol avec des valeurs de ψ_{base} inférieures à $-0,5$ MPa (fig. 2). Dans cette situation, le fort stress hydrique associé à des températures très élevées du feuillage ($>40^\circ\text{C}$), particulièrement en 2015, ont causé un jaunissement des

feuilles de la base des rameaux et leur chute au cours de l'été. La pose d'une bâche imperméable au sol a permis d'obtenir un stress hydrique sévère et d'étudier ainsi la réponse physiologique et agronomique de l'Humagne rouge à la sécheresse. Dans les variantes non irriguées et sans la pose d'une bâche au sol, la contrainte hydrique a été modérée à la véraison durant les saisons 2010, 2011, 2015 et 2016. Une contrainte hydrique faible a été notée en 2012, 2013 et 2014. Les précipitations élevées, enregistrées en juillet et en août de l'année 2014, n'ont entraîné aucune contrainte hydrique, quel que soit le niveau d'irrigation imposé à la vigne.

L'analyse de la composition isotopique du carbone ($\delta^{13}\text{C}$ ou rapport $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$) a été effectuée sur les sucres du moût à la vendange. En l'absence de contrainte hydrique, le

Tableau 3 | Composition isotopique du carbone ($\delta^{13}\text{C}$) dans les sucres des raisins à la vendange par année et sur la moyenne 2010–2016 (sauf 2013 et 2014, aucune analyse). Les différentes lettres indiquent une différence significative à 5 % de probabilité. Humagne rouge, Leytron (Suisse).

	Composition isotopique du carbone ($\delta^{13}\text{C}$, ‰)					Moyennes 2010–2016
	2010	2011	2012	2015	2016	
Vignes irriguées	-25,5	-25,8	-26,7	-26,1	-26,5	-26,1a
Vignes non irriguées	-23,3	-24,0	-25,1	-25,8	-24,3	-24,5b
Vignes non irriguées et bâchées au sol	-23,1	-23,2	-24,6	-24,4	-24,0	-23,9b

Tableau 4 | Alimentation minérale de la vigne: diagnostic foliaire (% MS), teneur en N, P, K, Ca et Mg des feuilles à la véraison (année 2015). Azote assimilable du moût à la vendange. Les différentes lettres indiquent une différence significative à 5 % de probabilité. Moyennes 2010–2016, Humagne rouge, Leytron (Suisse).

	Diagnostic foliaire (% MS)					Azote assimilable (mg/l)
	N	P	K	Ca	Mg	
Vignes irriguées	2,40	0,36	1,04	4,25	0,25	106a
Vignes non irriguées	2,32	0,26	1,04	4,03	0,24	90b
Vignes non irriguées et bâchées au sol	2,19	0,27	1,09	4,07	0,25	71c

Tableau 5 | Poids des bois de taille (g/cep) par année et sur la moyenne 2012–2016. Les différentes lettres indiquent une différence significative à 5 % de probabilité. Humagne rouge, Leytron (Suisse).

	Bois de taille (g/cep)					Moyennes 2012–2016
	2012	2013	2014	2015	2016	
Vignes irriguées	1061a	890a	754a	833a	867a	881a
Vignes non irriguées	1053a	910a	772a	822a	947a	901a
Vignes non irriguées et bâchées au sol	900b	861a	760a	829a	856a	841a

carbone 12 (isotope ^{12}C), plus léger que le carbone 13 (^{13}C), est assimilé de manière préférentielle lors de la photosynthèse quand les stomates sont ouverts. En cas de sécheresse par contre, les stomates se ferment progressivement et les enzymes impliqués dans le processus de la photosynthèse ne discriminent plus aussi efficacement les isotopes de carbone. Il en résulte un enrichissement en ^{13}C dans les sucres des raisins. Une corrélation a été observée dans notre étude entre la composition isotopique et les valeurs du potentiel hydrique de base et de tige (résultats non présentés). Des valeurs plus élevées (moins négatives) de $\delta^{13}\text{C}$ indiquent une contrainte hydrique plus importante. La composition isotopique $\delta^{13}\text{C}$ constitue un bon indicateur de la contrainte hydrique subie par la vigne durant la période d'accumulation des sucres dans les baies (Gaudillère *et al.*, 2002; Zufferey *et al.*, 2017) qui va de la véraison à la récolte. En moyenne des années, l'absence d'irrigation a entraîné des valeurs moins négatives de $\delta^{13}\text{C}$ que celles des vignes irriguées (tabl. 3). La contrainte hydrique a été modérée pour les vignes non irriguées et faible pour les vignes irriguées.

Folletage des baies

L'intensité du folletage sur grappes a été fortement corréliée au régime hydrique de la vigne durant la saison et particulièrement autour de la véraison (fig. 3). Dans la majorité des années, la manifestation du folletage à la récolte différait significativement entre les variantes irriguées et non irriguées. Durant les années particulièrement sèches (2000–2003–2004–2009 et 2015) par contre, aucun symptôme de folletage n'a été relevé (ou à un niveau très bas), quel que soit le niveau d'irrigation. Le folletage était plus important lorsque la vigne ne subissait aucune contrainte hydrique (vignes irriguées, années humides), ce qui se traduit par un potentiel hydrique de base (ψ_{base}) de la véraison à la récolte de $-0,05$ à $-0,2$ MPa (fig. 4). L'intensité du folletage était beaucoup plus faible avec une contrainte hydrique modérée à forte (ψ_{base} de $-0,3$ à $-0,8$ MPa). Les fortes alternances de température (périodes chaudes et sèches suivies de périodes fraîches et humides) autour de la véraison semblent également favoriser l'apparition du folletage. Les années 2005 à 2008 ont présenté des alternances thermiques assez fortes à la mi-août, coïncidant avec la période de la véraison, qui ont engendré un folletage en particulier dans les variantes irriguées sans contrainte hydrique pour la vigne.

Les vignes vigoureuses sans restriction en eau et soumises à de fortes alternances climatiques durant la période de la véraison (forte évapotranspiration) s'avèrent

vulnérables au développement d'accidents physiologiques tels que le folletage des grappes (Zufferey *et al.*, 2015). A l'inverse, les vignes soumises à une contrainte hydrique modérée et progressive avant la véraison puis durant la maturation sont nettement moins sujettes au folletage.

La faible accumulation des sucres (Krasnow *et al.*, 2009) et le flétrissement des baies (Bondada & Keller, 2012) observés sur des grappes atteintes de folletage signifieraient que des perturbations du flux de sucres et d'eau et/ou des pertes partielles de fonctionnalité du système vasculaire (phloème-xylème) ont lieu probablement autour de la véraison et durant la phase de maturation du raisin (Hall *et al.*, 2011; Zufferey *et al.*, 2015).

Tableau 6 | Composantes du rendement: fertilité des bourgeons (nombre de grappes par rameau), dégrappage par cep, poids des baies à la vendange et rendement par m² de sol. Les différentes lettres indiquent une différence significative à 5 % de probabilité. Moyennes 2010–2016, Humagne rouge, Leytron (Suisse).

	Fertilité des bourgeons (grappes/bois)	dégrappage (-x grappes par cep)	Poids des baies (g)	Rendement (kg/m ²)
Vignes irriguées	1,5a	-6a	1,9a	1,1a
Vignes non irriguées	1,5a	-6a	1,8a	1,1a
Vignes non irriguées et bâchées su sol	1,5a	-6a	1,6b	1,0a

Tableau 7 | Caractéristiques de la vendange: teneur en sucres et acidité des moûts (acidité totale, tartrique et malique) et pH. Les différentes lettres indiquent une différence significative à 5 % de probabilité. Moyennes 2010–2016, Humagne rouge, Leytron (Suisse).

	Sucres (°Oe)	pH	Acidité totale (g/l)	Acide tartrique (g/l)	Acide malique (g/l)
Vignes irriguées	85a	3,22a	6,3a	5,8a	2,5a
Vignes non irriguées	88b	3,23a	5,8b	5,8a	1,9b
Vignes non irriguées et bâchées au sol	89b	3,26a	5,4b	5,7a	1,7b

Tableau 8 | Teneur en anthocyanes, indice des polyphénols totaux (IPT) et intensité colorante (note de dégustation) des vins. Les différentes lettres indiquent une différence significative à 5 % de probabilité. Moyennes 2010–2016 (sans 2013 et 2014). Humagne rouge, Leytron (Suisse).

	Anthocyanes (mg/l)	Indice phénols totaux (IPT)	Intensité colorante (note)
Vignes irriguées	374a	28a	4,3a
Vignes non irriguées	425ab	30ab	4,7b
Vignes non irriguées et bâchées su sol	487b	33b	5,0b

Alimentation minérale et vigueur de la vigne

L'accroissement du déficit hydrique dans les variantes non irriguées a globalement provoqué une baisse de la teneur en azote dans les feuilles à la véraison (tabl. 4), mais pas des autres éléments nutritifs (P, K, Ca et Mg). La teneur en azote assimilable des raisins à la vendange a été plus faible dans les vignes non irriguées et bâchées au sol ayant souffert d'une forte restriction en eau en comparaison des vignes irriguées (tabl. 4). Divers auteurs (Reynard *et al.*, 2011; Spring *et al.*, 2012; Verdenal *et al.*, 2021) ont montré l'effet d'un déficit hydrique (d'origine climatique ou pédologique) durant la période estivale sur la teneur plus faible en azote du feuillage et des baies dans ce cas. L'assèchement du sol, associé à des températures élevées durant la période estivale, peut nuire à la minéralisation des nutriments (surtout l'azote) avec une diminution de l'activité microbienne (Celette *et al.*, 2009) et à leur absorption dans le courant transpiratoire de la plante.

Le régime hydrique de la vigne n'a par contre pas influencé de manière prépondérante la vigueur des sarments (tabl. 5). Les poids de bois de taille des sarments à la taille étaient identiques, quel que soit le régime hydrique subi par la vigne. Les expérimentations réalisées dans le même contexte pédoclimatique (Zufferey *et al.*, 2017; Zufferey *et al.*, 2018) avec des cépages comme le Pinot noir et le Chasselas avaient montré une forte réduction de la vigueur lorsque les vignes étaient soumises à un fort stress hydrique par rapport à des vignes sans contrainte hydrique.

Rendement et composition des baies

La restriction progressive en eau, observée à partir de la véraison et jusqu'à la récolte dans les vignes non irriguées, n'a pas entraîné de diminution significative de la fertilité des bourgeons en comparaison des vignes bien alimentées en eau (tabl. 6).

Le poids des baies à la vendange a été un peu plus faible dans les vignes ayant souffert d'une forte contrainte hydrique (tabl. 6). Néanmoins, le rendement n'a pas été trop affecté par le déficit hydrique survenu durant la maturation du raisin, à l'exception des millésimes secs (2010, 2011, 2015 et 2016) durant lesquels les vignes non irriguées ont présenté des rendements un peu plus faibles (-10 %) que les vignes irriguées (résultats non présentés).

La contrainte hydrique modérée, survenue dans les vignes non irriguées, a favorisé l'accumulation des sucres, conséquence d'un arrêt précoce de la croissance des rameaux secondaires qui conduit à une distribution des sucres de la photosynthèse préférentiellement vers

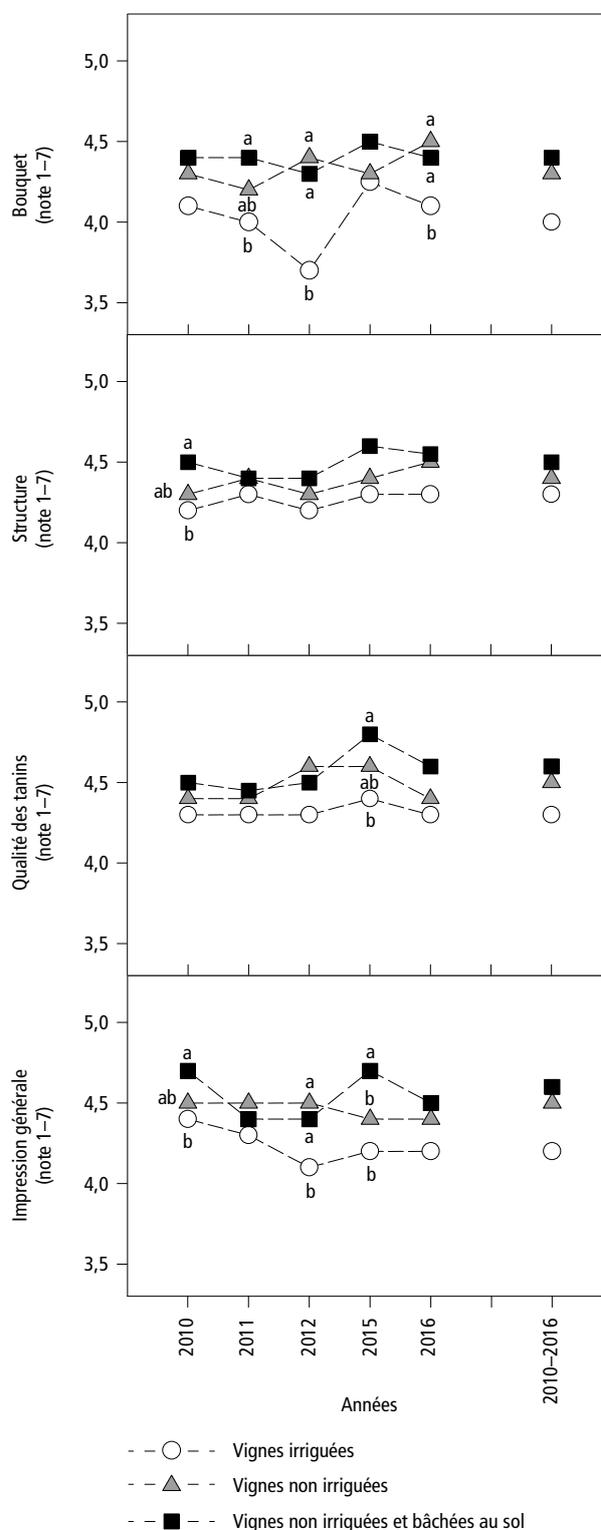


Figure 5 | Appréciation organoleptique de la qualité des vins en fonction de différents descripteurs: le bouquet, la structure, la qualité des tanins et l'impression générale pour différentes variantes d'irrigation. Notation de 1 = faible, mauvais à 7 = élevé, excellent. Humagne rouge, Leytron (Suisse), 2010-2016.

les baies (tabl. 7). Dans notre étude, les vignes non irriguées ont montré des teneurs en acidité totale et en acide malique plus basses en moût que celles des vignes irriguées sans stress hydrique. La réduction de l'acidité totale et la dégradation de l'acide malique semblent être liées au microclimat des grappes (baies exposées au rayonnement direct) dans les vignes non irriguées et sujettes à la contrainte hydrique en raison de la chute des feuilles dans la zone des grappes. Le pH du moût n'a pas été influencé par le stress hydrique conformément à d'autres observations (McCarthy 2000). Dans le vin, aucune différence significative n'a été relevée concernant l'acidité et le pH.

Polyphénols et qualité des vins

Les vins issus de vigne non irriguées, ayant subi une contrainte hydrique modérée à forte, ont présenté une intensité colorante ainsi qu'une teneur en anthocyanes et un indice de polyphénols (DO 280) plus élevés que les vins de vignes irriguées (tabl. 8). Les principaux anthocyanes synthétisés dans les baies et analysés dans le vin ont été la malvidine 3-O- β glucoside et la péonidine 3-O- β glucoside (résultats non présentés) qui représentent près de 80 % de la proportion des cinq anthocyanidines (delphinidine, cyanidine, péonidine, pétunidine et malvidine) présentes dans les baies de *Vitis vinifera*.

La figure 5 illustre les résultats des dégustations réalisées par le panel de dégustatrices et de dégustateurs d'Agroscope sur quatre descripteurs clés: le bouquet, la structure des vins, l'amertume et l'appréciation générale des vins.

Globalement, les vins issus de vignes non irriguées ont été mieux appréciés.

Dans notre étude, le bouquet, la structure et la qualité des tanins (tanins tendres et enrobés chez les vignes non irriguées) ont été jugés supérieurs lors d'une contrainte hydrique modérée subie par la vigne (selon les millé-

simes) qui a conduit à une meilleure maturation des raisins et à des composés phénoliques très appréciés en dégustation. Le statut hydrique de la plante apparaît comme un facteur déterminant de la qualité des vins, particulièrement des vins rouges (Spring & Zufferey, 2009; van Leeuwen *et al.*, 2009) avec des effets positifs lors d'une contrainte modérée se mettant en place autour de la véraison et se poursuivant durant la maturation du raisin.

Conclusions

- L'essai d'irrigation, conduit dans les conditions relativement sèches du Valais central à Leytron, a permis de confirmer l'effet positif d'une contrainte hydrique modérée durant la maturation des raisins d'Humagne rouge. Cet effet a porté sur:
 - une meilleure accumulation des sucres dans les baies
 - une plus faible teneur en acidité totale et en acide malique des baies
 - des vins plus colorés et riches en polyphénols
 - des vins aux tanins plus tendres et enrobés et plus structurés
 - des vins mieux appréciés à la dégustation
- Les composantes du rendement (fertilité des bourgeons, poids des baies) ont été peu influencées par la restriction en eau (contrainte modérée).
- Le folletage des grappes, qui provoque une perturbation de la maturation des baies, a été fortement réduit dans les variantes non irriguées dont les vignes ont subi une contrainte hydrique modérée à forte. ■

Remerciements

Nous remercions chaleureusement les équipes de viticulture, de technologie et d'analyse des vins d'Agroscope pour leur excellent travail et leur précieuse collaboration.

Bibliographie

- Aerny, J., (1996). Composés azotés des moûts et des vins. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.*, 28(3), 161–165.
- Avice, J., Ourry, A., Lemaire, G., & Boucaud, J. (1996). Nitrogen and carbon flows estimated by ¹⁵N and ¹³C pulse-chase labeling regrowth of alfalfa. *Plant Physiol.*, 112, 281–290.
- Bondada, B., & Keller, M. (2012). Morpho-anatomical Symptomatology and Osmotic Behavior of Grape Berry shrivel. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.*, 137, 20–30.
- Celette, F., Findeling, A., & Gary, C. (2009). Competition for nitrogen in an unfertilized intercropping system: The case of an association of grapevine and grass cover in a Mediterranean climate. *Eur. J. Agron.*, 30, 41–51.
- Deloire, A., Carbonneau, A., Wang, Z., & Ojeda, H. (2004). Vine and water, a short review. *J. Int. Sci. Vigne Vin* 38, 1–13.
- Gaudillère, J.-P., van Leeuwen, C., & Ollat, N. (2002). Carbon isotope composition of sugars in grapevine, an integrated indicator of vineyard water status. *J. Exp. Bot.*, 53, 757–763.
- Hall, G. E., Bondada, B. R., & Keller, M. (2011). Loss of rachis cell viability is associated with ripening disorders in grapes. *Journal of experimental Botany*, 62(3), 1145–1153.
- Keller, M., Smith, J. P., & Bondada, B. R. (2006). Ripening grape berries remain hydraulically connected to the shoot. *Journal of experimental Botany*, 57, 2577–2587.
- Krasnow, M., Weis, N., Smith, R. J., Benz, M. J., Matthews, M., & Shackel, K. (2009). Inception, progression, and compositional consequences of a berry shrivel disorder. *American Journal of Enology and Viticulture*, 60, 24–34.
- McCarthy, M.G. (2000). Developmental variation in sensitivity of *Vitis vinifera* L. (Shiraz) berries to soil water deficit. *Aust. J. Grape Wine Res.*, 6, 136–140.
- Raifer, B., & Roschatt, C. (2001). Welkekrankheit bei Weintrauben. *Obst-Weinbau*, 38, 143–145.
- Reynard, J.-S., Zufferey, V., Nicol, G.C., & Murisier, F. (2011). Soil parameters impact the vine-fruit-wine continuum by altering vine nitrogen status. *J. Int. Sci. Vigne Vin*, 45, 211–221.
- Ribéreau-Gayon, P., Dubourdieu, D., Donèche, B., & Lonvaud, A., (1998). *Traité d'Enologie Tome 1: Microbiologie du Vin, Vinifications*. Dunod, Paris.
- Scholander, P.F., Bradstreet, E.D., Hemmingsen, E.A., & Hammel, H.T. (1965). Sap pressure in vascular plants. *Science*. 148, 339–346.
- 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. (2009). Influence de l'irrigation sur le comportement de la vigne et sur la qualité de vins rouges dans les conditions du Valais central. *Rev. Suisse Vitic. Arboric. Hortic.*, 41(2), 103–111.
- Spring, J.-L., Verdenal, T., Zufferey, V., & Viret O. (2012). Nitrogen dilution in excessive canopies of Chasselas and Pinot noir cvs. *J. Int. Sci. Vigne Vin*, 46, 233–240.
- Van Leeuwen, C., Trégoat, O., Choné, X., Bois, B., Pernet, D., & Gaudillère, J.-P. (2009). Vine water status is a key factor in grape ripening and vintage quality for red Bordeaux wine. How can it be assessed for vineyard management purposes? *J. Int. Sci. Vigne Vin*, 43, 121–134.
- 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.
- Verdenal, T., Dienes-Nagy, A., Spangenberg, J., Zufferey, V., Spring, J.-L., Viret, O., Marin-Carbonne, J., & van Leeuwen C. (2021). Understanding and managing nitrogen nutrition in grapevine: a review. *Oeno One*, 1, 1–43.
- Zufferey, V., Spring, J.-L., Voinesco, F., Viret, O., & Gindro, K. (2015). Physiological and histological approaches to study berry shrivel in grapes. *J. Int. Sci. Vigne Vin*, 49, 113–125.
- Zufferey, V., Spring, J.-L., Verdenal, T., Lorenzini, F., Dienes-Nagy, A., Belcher, S., Koestel, C., Rösti, J., Spangenberg, J., & Viret, O. (2017). Impacts of water stress on the grapevine physiology and the quality of «Pinot noir» wines in Switzerland. *Oeno One*, 51(1), 17–27.
- Zufferey, V., Spring, J.-L., Verdenal, T., Lorenzini, F., Dienes-Nagy, A., Belcher, S., Koestel, C., Rösti, J., Spangenberg, J., & Viret, O. (2018). The Impacts of plant water status on gas exchange, berry composition and quality of Chasselas wines in Switzerland. *Oeno One*, 52(4) 333–347.