

ÉTUDE DES VARIATIONS DU POTENTIEL OSMOTIQUE ET DE L'ÉLASTICITÉ CELLULAIRE DANS DES VIGNES SOUMISES A UN STRESS HYDRIQUE (1)

M. ZAMBONI et F. IACONO

Cattedra di Viticoltura, Università Cattolica del Sacro Cuore
Via E. Parmense, 84 - 29100 Piacenza, (Italie)

INTRODUCTION

La plante, pour se protéger, peut mettre en jeu des mécanismes de résistance à la sécheresse par des processus morphologiques et physiologiques.

On observera, par exemple, une réduction du développement foliaire, une augmentation de la résistance stomatique, une chute du potentiel hydrique.

Ces réactions peuvent conduire, si le déficit hydrique persiste, à une réduction de l'efficacité de la photosynthèse (ALLEWELDT *et al.*, 1982; LAKSO, 1985; SCIENZA, 1983; SMART et COOMBE, 1983; TURNER et JONES, 1980).

Le maintien de la turgescence cellulaire est une condition *sine qua non* pour que les métabolismes de la plante soient préservés quand le potentiel hydrique foliaire diminue (JONES et TURNER, 1978). Ce mécanisme d'adaptation au stress hydrique peut dériver d'un ajustement osmotique, c'est-à-dire d'un net accroissement de la concentration des solutés dans la cellule ou d'une augmentation de l'élasticité cellulaire (BEGG et TURNER, 1976; HSIAO, 1973; TURNER et JONES, 1980).

La Vigne, soumise à un stress hydrique, modifie sensiblement sa propre élasticité cellulaire, tout en étant capable d'effectuer des ajustements osmotiques dans les feuilles adultes et dans les rameaux en phase de croissance active (DÜRING, 1984 et 1985; DOWNTON, 1983).

Cependant, l'amplitude de tels ajustements osmotiques n'apparaît pas notable et, dans tous les cas (SMART et COOMBE, 1983), elle est inférieure à celle que l'on peut observer dans les plantes herbacées ou dans d'autres espèces arboricoles comme, par exemple, le pommier (DAVIES et LAKSO, 1978, 1979; FANJUL et ROSHER, 1984).

L'objectif de ce travail est de vérifier les capacités d'adaptation à la sécheresse de certaines espèces de Vigne qui présentent, des réponses morphologiques et physiologiques différentes (ZAMBONI *et al.*, 1985).

(1) Research work supported by CNR, Italy. Special grant I.P.R.A. - Sub-project 1 Paper n. 2092.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

I. — MATÉRIEL VÉGÉTAL

Notre étude a porté sur des vignes de 2 ans, appartenant aux espèces *Vitis riparia* (var. Grand glabre), *Vitis rupestris* (var. du Lot), *Vitis berlandieri* (var. Resseguier n° 1) et à la variété Sauvignon blanc (*Vitis vinifera*), greffée sur 3309 C (Rip. x Rup.), porte-greffe sensible à la sécheresse, et sur 775 Paulsen (Ber. x Rup.) porte-greffe résistant.

Les plantes, auxquelles nous avons laissé à la taille seulement 2 bourgeons, ont été cultivées en pots d'une capacité de 20 litres sur un substrat formé de sable, de tourbe et de terre (50 : 30 : 20 v/v); les pots ont été placés à l'extérieur, protégés de la pluie par un film plastique.

Une partie des plants ont été soumis pendant 5 jours à une carence hydrique. Après cette période, le Sauvignon greffé a retrouvé un potentiel hydrique (Ψ_w) variant de -1,3 à -1,8 MPa et une résistance stomatique de 8 à 10 sec/cm⁻¹ contre 18 à 25 sec/cm⁻¹ pour les espèces américaines pures. Les témoins ont varié de -1,0 -1,2 MPa et de 2,7 à 3,0 sec/cm⁻¹.

II. — MESURE DE L'ÉTAT HYDRIQUE DES FEUILLES

Le matin, des feuilles adultes complètement vertes sont prélevées du 5^e - 7^e nœud. Elles sont disposées dans une chambre sombre et humide, au contact d'eau distillée froide afin de les réhydrater.

Les paramètres décrivant l'état hydrique et foliaire (potentiel osmotique Ψ_s et pression de turgescence Ψ_p des témoins et des plants ayant subi le stress) ont été obtenus par la méthode graphique de l'inverse du potentiel hydrique foliaire ($1/\Psi_w$) sur le «relative water content» (RWC) et sur la perte d'eau (courbe pression-volume) (DÜRING, 1986; TYREE et HAMMEL, 1972; TURNER, 1981). Ces 2 paramètres sont mesurés à des états successifs, en partant de la feuille à turgescence complète, au moyen d'une chambre à pression et d'une balance de précision. Le poids sec de la feuille a été déterminé en la séchant pendant 3 heures à 105°C. Le «relative water content» a été calculé de la façon suivante :

$$\text{RWC (\%)} = \frac{\text{poids frais} - \text{poids sec}}{\text{poids saturé} - \text{poids sec}} \times 100$$

A turgescence zéro, l'élasticité a été calculée d'après TYREE et HAMMEL (1972) et JONES et TURNER (1978), de la façon suivante :

$$\varepsilon = \frac{dP}{d\text{RWC}} \times 100$$

où dP est la variation de la pression de turgescence.

Sur des feuilles du même ordre mais d'un autre sarment de la même plante les teneurs en glucose et fructose ont été déterminées par la méthode enzymatique qui prévoit l'homogénéisation des limbes foliaires par l'eau chaude (60°C) et la centrifugation.

RÉSULTATS

I. — VARIATIONS DU POTENTIEL OSMOTIQUE

Le stress hydrique a entraîné différentes variations du potentiel osmotique sur toutes les espèces étudiées (Tableau I). *V. berlandieri* est l'espèce qui atteint le potentiel osmotique le plus bas (-1,25 MPa) avec, par contre, un ajustement osmotique inférieur à celui de *V. riparia* et de *V. rupestris*. Cette dernière espèce a développé le meilleur ajustement osmotique (0,15 MPa) en partant d'un potentiel osmotique plus élevé.

TABLEAU I

Potentiel osmotique à pleine turgescence (ψ s 100) et à turgescence 0 (ψ s 0) de vignes soumises à un stress hydrique (Moyenne de 3 répétition \pm d.s.).

	ψ s 100 (-MPa)			ψ s 0 (-MPa)		
	Témoin	Stress		Témoin	Stress	
<i>V. riparia</i>	0,98 \pm 0,03	1,09 \pm 0,06	0,11	1,42 \pm 0,07	1,56 \pm 0,08	0,14
<i>V. rupestris</i>	0,77 \pm 0,11	0,92 \pm 0,15	0,15	1,30 \pm 0,17	1,40 \pm 0,19	0,10
<i>V. berlandieri</i>	1,17 \pm 0,05	1,25 \pm 0,02	0,08	1,67 \pm 0,08	1,68 \pm 0,05	0,01
Sau/3309	1,17 \pm 0,05	1,31 \pm 0,07	0,14	1,58 \pm 0,09	1,64 \pm 0,04	0,06
Sau/775P	1,14 \pm 0,05	1,34 \pm 0,04	0,20	1,57 \pm 0,03	1,68 \pm 0,03	0,11

TABLEAU II

Concentrations foliaires de glucose + fructose de vignes soumises à un stress hydrique.

	Glucose + fructose (mg/g m.f.)	
	Témoin	Stress
<i>V. riparia</i>	15,5	30,8
<i>V. rupestris</i>	19,2	23,8
<i>V. berlandieri</i>	17,9	20,1
Sau./3309	28,8	30,2
Sau./775P	26,0	26,9
ppds 5 %	3,8	4,1

L'espèce *V. vinifera* (Sauvignon greffé) présente, dans le cas de la plante stressée, des valeurs de potentiel, en pleine turgescence, supérieures à celles des espèces

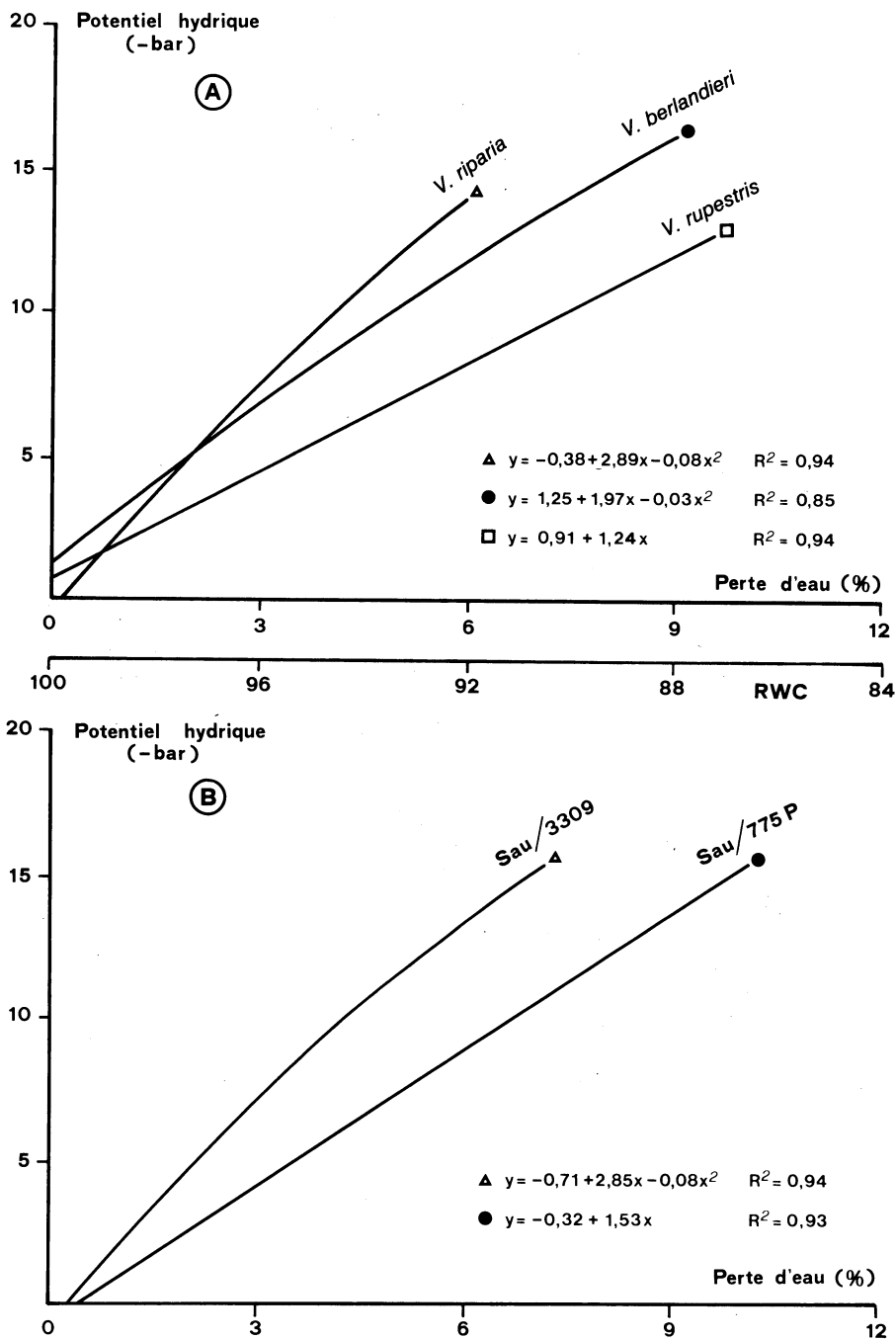


Fig. 1. — Relation entre la perte d'eau des feuilles et le potentiel hydrique pour trois espèces américaines (A) et pour *Vitis vinifera* (var. Sauvignon) greffée sur 3309 et 775 P (B).

américaines pures, la différence disparaissant à turgescence zéro. Le greffage sur 775 P, porte-greffe résistant à la sécheresse, présente l'ajustement osmotique le plus fort (0,20 MPa).

Les concentrations en glucose et fructose augmentent dans les feuilles de *V. riparia* quand elles sont soumises au stress hydrique (tableau II), alors qu'elles sont inférieures dans les deux autres espèces. L'accumulation des glucides peut donc justifier, en partie l'ajustement osmotique dont est capable cette espèce. Ce fait n'est pas vérifié pour *V. rupestris*.

Le stress hydrique n'induit pas de différences notables d'accumulation de glucose et de fructose dans les feuilles de la variété Sauvignon greffé; on retrouve déjà dans la plante témoin des concentrations élevés (26 - 28,8 mg/ g s.f.).

II. — VARIATIONS DE L'ÉLASTICITÉ CELLULAIRE

Pour atteindre l'état de turgescence zéro, les feuilles de *V. berlandieri* et de *V. rupestris* doivent perdre beaucoup plus d'eau que les feuilles de *V. riparia* (Tableau III); c'est-à-dire qu'elles ont plus de facilité de prolonger le moment de fermeture des stomates.

TABLEAU III

**État hydrique à turgescence zéro et module d'élasticité (Σ)
de feuilles coupées de vignes soumises à un stress hydrique.
(Moyenne de 3 répétitions).**

Génotype	Traitement	RWC (%)	Perte eau (%)	ψ_s (-MPa)	Σ (MPa)
<i>V. riparia</i>	Témoin	91,6	5,9	1,42	11,9
	Stress	92,0	5,7	1,56	13,8
<i>V. rupestris</i>	Témoin	88,5	8,9	1,30	7,6
	Stress	90,8	6,9	1,40	10,9
<i>V. berlandieri</i>	Témoin	88,1	8,6	1,67	10,8
	Stress	87,6	8,5	1,68	11,0
Sau./3309	Témoin	89,8	7,1	1,58	11,3
	Stress	88,0	7,8	1,64	11,7
Sau./775P	Témoin	86,7	8,9	1,57	8,3
	Stress	86,6	9,0	1,68	9,8

On constate également sur la figure 1a, avec quelle rapidité *V. riparia* atteint un potentiel hydrique bas par unité d'eau perdue. On retrouve ce phénomène chez le Sauvignon greffé sur 775 P. (Tableau III et figure 1b), bien que les différences avec le 3309 soient inférieures à celles de l'espèce pure.

Le stress hydrique réduit l'élasticité cellulaire de *V. riparia* et de *V. rupestris* (augmentant ϵ) mais non celle de *V. berlandieri*. Dans l'absolu, *V. rupestris* a la plus grande élasticité cellulaire, que ce soit sur la plante témoin (7,6 MPa) ou sur la plante soumise au stress (10,9 MPa) et, en outre, il montre la plus grande augmentation entre les deux conditions d'hydratation.

Cette capacité de modifier l'élasticité cellulaire peut être une des causes principales qui explique l'abaissement du potentiel osmotique, mis en évidence dans les feuilles de *V. rupestris* quand il est soumis au stress.

Le Sauvignon greffé sur 775 P possède une élasticité cellulaire plus forte (8,3 MPa) que greffé sur 3309 (11,3 MPa) et le stress hydrique, même s'il modifie peu ce paramètre, provoque un abaissement de l'élasticité (de 8,3 à 9,8 MPa) qui semble suffisant pour compenser la diminution du potentiel osmotique.

DISCUSSION ET CONCLUSIONS

Dans cette étude, l'ajustement osmotique mis en jeu chez la Vigne, en réponse au stress hydrique, s'est révélée bas, compris entre 0,08 et 0,20 MPa; ces valeurs sont en accord avec celles rapportées par SMART et COOMBE (1983) (de 0,01 MPa) mais inférieures à celles données par DÜRING (1984) et obtenues en plein champ, de 0,4 à 0,5 MPa.

Les différences sont probablement dues aux conditions expérimentales qui ont régulé l'intensité et la vitesse avec laquelle a été atteint l'état de stress. En effet, une plante cultivée en pot dispose d'un temps très court pour effectuer les ajustements osmotiques qui maintiennent positive la turgescence (BEGG et TURNER, 1976; FANJUL et ROSHER, 1984).

La très faible capacité de *V. berlandieri* à l'ajustement osmotique est certainement due à ses caractères génétiques de résistance à la sécheresse.

Cette espèce n'accumule pas les glucides et ne modifie pas sa propre élasticité cellulaire quand elle est en condition de carence hydrique, mais elle possède des feuilles qui lui permettent de perdre beaucoup d'eau, quand le potentiel hydrique décroît avant d'atteindre la fermeture des stomates.

V. rupestris possède également cette dernière caractéristique en tentant toutefois de s'adapter à l'état de stress croissant, modifiant facilement sa propre élasticité cellulaire.

V. riparia réagit à la sécheresse par des ajustements osmotiques causés principalement par une nette accumulation de glucose et de fructose; ce mécanisme est probablement le moins spécifique pour la Vigne quand elle doit s'adapter à une situation de stress hydrique parce qu'il est mis en jeu par une espèce connue comme sensible à la sécheresse.

L'abaissement de l'élasticité cellulaire semble plus flexible et plus rapide; ce mécanisme est mis en jeu chez *V. rupestris*, espèce résistante à la sécheresse comme le montre sa grande capacité relative à l'égard de l'eau.

V. vinifera à la possibilité de s'adapter à la sécheresse comme *V. berlandieri*, avec un sensible avantage du au porte-greffe qui est résistant à la sécheresse (775 P); elle augmente ainsi sa propre capacité de reculer le moment de la fermeture stomatique.

L'évolution de la sécheresse chez la Vigne est donc influencée par de nombreux facteurs : ajustement osmotique, modification de l'élasticité cellulaire, intensité et rapidité du flétrissement, qui ont une importance différente en fonction de l'espèce.

On peut affirmer que les espèces connues comme les plus tolérantes à la sécheresse ont en commun la caractéristique d'atteindre le moment de la fermeture stomatique seulement après avoir perdu beaucoup d'eau; en pratique à un niveau de stress plus élevé.

Une étude de la sélection concernant la sécheresse confirme l'importance de l'élasticité cellulaire du génotype testé, bien que ce caractère, qui tend à diminuer au moment du stress hydrique, n'est pas évident dans une espèce résistante comme *V. berlandieri*.

Manuscrit reçu le 7 novembre 1988 : accepté pour publication le 16 décembre 1988.

RÉSUMÉ

En réponse à une période de sécheresse, certaines espèces américaines du genre *Vitis* et *V. vinifera* (cv. Sauvignon blanc), mettent en jeu des ajustements osmotiques de l'ordre de 0,08 - 0,20 MPa

Alors que *V. riparia* réagit à la carence hydrique par un ajustement osmotique, causé principalement par une nette accumulation de glucose et de fructose, *V. rupestris* est capable de modifier rapidement et fortement sa propre élasticité cellulaire. *V. berlandieri*, espèce résistante à la sécheresse, manifeste un ajustement osmotique beaucoup plus bas mais possède un tissu foliaire qui lui permet de perdre une grande quantité d'eau avant la fermeture des stomates.

Cette caractéristique et aussi conférée au greffon par un porte-greffe résistant à la sécheresse (775 Paulsen).

SUMMARY

Osmotic adjustments, ranging from 0,08 MPa to 0,20 MPa have been observed in some American *Vitis* species and in *V. vinifera* (cv. Sauvignon blanc), as response to drought.

In *V. rupestris* a quick and wide modification of leaf tissue elasticity occurs, while in *V. riparia* the response to drought is related to a osmotic adjustment, due to a net storage of glucose and fructose.

V. berlandieri, a drought resistant specie, seems to have a very low osmotic adjustment, but also a leaf tissue able to allow a water loss before to close stomata.

This behaviour has also been observed in a scion grafted on a drought resistant rootstock (775 P).

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ALLEWELDT G., EIBACH R., et RÜHL E., 1982. Untersuchungen zum Gaswechsel der Rebe. 1. Einfluss von temperatur, Blattalter und tageszeit auf Nettphotosynthese und Transpiration. *Vitis*, **21**, 93-100.

- BEGG J.E. et TURNER N.C., 1976. Crop water deficits. *Adv. Agronomy*, **28**, 161-217.
- DAVIES F.S. et LAKSO A.N., 1978. Water relations in apple seedlings : changes in water potential components, abscisic acid levels and stomatal conductances under irrigated and non-irrigated conditions. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, **103**, N° 3, 310-313.
- DAVIES F.S. et LAKSO A.N., 1979. Diurnal and seasonal changes in leaf water potential components and elastic properties in response to water stress in apple trees. *Physiol. Plant.*, N° 46, 109-114.
- DOWNTON W.J.S., 1983. Osmotic adjustment during water stress protects the photosynthetic apparatus against photoinhibition. *Plant Science Lett.*, **30**, 137-143.
- DÜRING H., 1984. Evidence for osmotic adjustment to drought in grapevines (*Vitis vinifera* L.). *Vitis*, **23**, 1-10.
- DÜRING H., 1985. Osmotic adjustment in grapevines. *Acta Hortic.*, **171**, 315-322.
- DÜRING H., 1986. Testing for drought tolerance in grapevine scion. *Angew. Botanik*, **60**, 103-111.
- FANJUL L. et ROSHER P.H., 1984. Effects of water stress on internal water relations of apple leaves. *Physiol. Plant.*, N° 62, 321-328.
- HSIAO T.C., 1973. Plant responses to water stress. *Ann. Rev. Plant. Physiol.*, **24**, 519-570.
- JONES M.M. et TURNER N.C., 1978. Osmotic adjustment in leaves of sorghum in response to water deficits. *Plant Physiol.*, **61**, 122-126.
- LAKSO A.N., 1985. The effect of water stress on physiological processes in fruit crops. *Acta Hortic.*, **171**, 275-290.
- SCIENZA A., 1983. Adattamento genetico della vite allo stress idrico. *Vignevini*, **6**, 27-39.
- SMART R.E. et COOMBE B.G., 1983. Water relations of grapevines. (Water deficits and plant growth. Ed. Kozłowski T.T.), Academic Press, New York, Vol. VII, 137-196.
- TYREE M.T. et HAMMEL H.T., 1972. The measurement of the turgor pressure and the water relations of plants by the pressure-bomb technique. *Journal of Exper. Botany*, **23**, N° 74, 267-282.
- TURNER N.C., 1981. Techniques and experimental approaches for the measurement of plant water status. *Plant and Soil*, **58**, 339-366.

- TURNER N.C. et JONES M.M., 1980. Turgor maintenance by osmotic adjustment : A review and evaluation. (Adaptation of plants) to water and high temperature stress. Ed. Turner N.C. et Kramer P.J.), John Wiley e Sons, New York, 87-103.
- ZAMBONI M., FREGONI M. et IACONO F., 1985. Comportamento di specie ed ibridi di vite in condizioni di siccità. Compte-rendu du 4^e Symp. Int. de Génétique de la Vigne. Verona, 119-122.