

BILAN HYDRIQUE: UNE METHODE PROPOSEE POUR L'EVALUATION DES RESERVES HYDRIQUES DANS LE ZONAGE VITICOLE

Giorgessi F., Calò A., Tomasi D., Catalano V.

Istituto Sperimentale per la Viticoltura, XXVIII Aprile, 26 - 31015 Conegliano (TV) - Italie

Résumé:

Dans le zonage viticole mis en place dans la province de Taranto, on a introduit la méthode du bilan hydrique pour évaluer les réserves hydriques dans les 8 zones déterminées (Zones 1, 2, 3A, 3B, 4A, 4B, 5A, 5B).

Cette évaluation revêt une importance toute particulière car dans ce milieu l'eau constitue un facteur limitatif.

Une première phase de mise au point de la méthode a été prévue en 1998 et a été effectuée en comparant les données d'humidité évaluées et celles mesurées directement avec la méthode "gravimétrique".

Les données recueillies jusqu'à présent et circonscrites à la variété Primitivo des zones 2, 3B, 4A, 4B, 5A, 5B, mettent en évidence que la méthode proposée est en mesure de relever de façon satisfaisante les différences d'humidité.. Si nous observons ces premiers résultats, la réponse de cette méthode semble être donc positive et en ligne avec les attentes prévues.

Introduction

Pour évaluer la qualité des moûts et des vins dans le zonage viticole, l'utilisation des indices hydriques, comme celui élaboré par Riou et proposé par Carbonneau (1996), prend une importance de plus en plus grande, en plus des indices climatiques (Huglin, 1978; Winkler, 1962; Branas *et al.*, 1946; Carbonneau, 1980; Smart, 1976) ou de certains paramètres liés aux caractéristiques physiques ou chimiques du sol (Fregoni, 1977; Scienza *et al.*, 1979). En ce qui concerne les indices corrélés avec l'humidité du sol, nous pensons que la méthode capable d'évaluer de façon plus précise cette humidité est celle du bilan hydrique.

L'expérimentation que nous illustrons dans cette note concerne justement cette approche méthodologique qui est évaluée dans une opération de zonage de la province de Taranto (Italie du Sud), milieu connu pour son climat de sécheresse, et qui sera défini en détails dans les pages suivantes.

Matériels et méthodes

1. La zone d'étude

La méthode du bilan hydrique a été utilisée dans un zonage viticole mis en place dans la province de Taranto, située dans le Sud de l'Italie (Lat. 40°30'41''N; 16°43'31''E).

On a déterminé 8 zones viticoles (Zones 1, 2, 3A, 3B, 4A, 4B, 5A, 5B), chacune suffisamment homogène en ce qui concerne les caractéristiques éco-pédologiques, et 7 variétés (Sangiovese,

Primitivo, Chardonnay, Verdeca, Negroamaro, Malvasia, Cabernet sauvignon) présentes dans 104 vignobles (Fig.1).

En 1998, cette méthode a été mise au point dans les zones 2, 3B, 4A, 4B, 5A, 5B, en prenant en considération la variété Primitivo dont les vignobles présentent les caractéristiques culturelles suivantes: système de conduite à gobelet; densité de plantation comprise entre 4500 et 5000 plantes ha⁻¹, avec de très rares exceptions de 6000 ou 7000 plantes ha⁻¹; le porte-greffe le plus répandu est le 157.11 (*Berlandieri x Riparia*) suivi par le 140 Ru (*Berlandieri x Rupestris*); charge en bourgeons de 10 yeux par plante en moyenne.

2. Description de la méthode du bilan hydrique

La formule générale du bilan hydrique peut être résumée de la façon suivante:

$$RU = I + Pu + AF - (ET_m \times K_D) - R$$

ou RU = réserves hydriques utiles du sol; I = irrigation; Pu = pluies utiles pour la plante; AF = apports de la nappe phréatique; ET_m = évapotranspiration maximale; K_D = ETe/ET_m; ETe = évapotranspiration effective; R = pertes par ruissellement superficiel. Les pertes gravitationnelles ne figurent pas dans la formule, car on en tient compte indirectement dans le calcul des Pu.

2.1. Calcul des différents paramètres du bilan

Les RU ont d'abord été évaluées au débourrement, avec la méthode gravimétrique, et successivement leur évolution a été suivie à travers l'application de l'équation du bilan.

Le tab. 1 illustre les paramètres utilisés pour le calcul des RUm (réserves hydriques utiles maximales) dans les vignobles de Primitivo plantés dans 6 zones. Dans ce tableau l'eau disponible maximale (e.d.) a été calculée par différence entre les valeurs de capacité hydrique au champ et ceux du point de flétrissement, valeurs déterminées en laboratoire, à la pression de 0.03 MPa et 1.5 Mpa, avec la chambre à pression de Richards.

L'évaluation des Pu a été effectuée sur la base des expressions suivantes, légèrement modifiées par rapport à celles d'origine suggérées par Giardini (1977) pour les cultures herbacées:

$$Pu = P - 5 \text{ si } RUm + \sum_0^n ET - RU \geq P - 5 \text{ ou bien } Pu = RUm + \sum_0^n ET - RU \text{ dans les autres cas } \left(\sum_0^n ET \right)$$

= eau de percolation utile pour les plantes, évaluée en additionnant les valeurs d'évapotranspiration des *n* jours précédents la pluie. Dans notre cas, *n* est égal à 3).

L'ET_m a été évaluée à partir des valeurs de ET_p (évapotranspiration potentielle) multipliées par les coefficients culturels suggérés par la littérature (Doorembos et Pruitt, 1977). L'ET_p a été évaluée avec la méthode Blaney-Criddle, modifiée par Doorembos et Pruitt (1977), en partant des données de la température moyenne quotidienne (°C). On a choisi la méthode Blaney-Criddle car les données de température étaient les données les plus fréquentes dans les zones examinées.

Le coefficient de déficience hydrique (K_D) a été établi égal à 0.5 en rapport avec les résultats obtenus dans des recherches conduites précédemment (Giorgessi *et al.* 1995, 1998 ; Liuni *et al.*, 1999). On n'a pas tenu compte dans le bilan hydrique des pertes par ruissellement superficiel (R), car les terrains sont sur terrains plats; de l'irrigation (I) car elle est absente, et des apports de la couche phréatique (AF) considérés inexistantes à cause de la grande profondeur de cette couche et de la croûte calcaire imperméable à cette couche qui est à 1 m environ du niveau superficiel du sol.

2.2. Gestion et étalonnage du bilan hydrique

Les données de température et précipitations utilisées dans le bilan proviennent des stations météo situées à une distance inférieure à 6-7 Km. A partir de ces données, le bilan a été calculé par périodes de 10 jours, en commençant par le débourrement (avril) et en poursuivant jusqu'à la vendange (10 premiers jours de septembre). On a choisi une période de 10 jours même s'il était suggéré de ne pas utiliser la méthode Blaney-Criddle pour des périodes inférieures à un mois, car on a observé que la méthode fournit des valeurs moyennes quotidiennes de ETp assez satisfaisantes, et ceci même pour des périodes de 10 et 7 jours, quand le facteur de correction provient effectivement des données relevées dans la zone examinée (Calandro, 1979).

En 1998, les données d'humidité du sol évaluées à travers le bilan ont été ensuite étalonnées avec celles mesurées directement avec la méthode gravimétrique, considérée la plus précise.

La confrontation, ne pouvant être étendue à toutes les zones examinées étant donné le caractère laborieux de la méthode, a été limitée aux zones 5A et 5B.

Dans les vignobles appartenant à ces deux zones ($n = 9$), on a recueilli des échantillons de terrain (3 répétitions par vignoble) tous les 20 jours à des profondeurs de 0.3, 0.6 et 0.9 m, pour un total de 81 échantillons de terrain par date de prélèvement. Les échantillons ont été mis ensuite dans des fours à 105°C, jusqu'à atteindre le poids sec constant.

En 1999 et pour les années suivantes de la recherche, la méthode gravimétrique laissera la place, pour l'étalonnage, à la méthode "*Time domain reflectometry*" (TDR), qui est considérée beaucoup plus pratique et en même temps suffisamment digne de foi, comme le prouvent les essais de comparaison entre les deux méthodes conduits par Pettinelli *et al.*, (1998).

Les informations recueillies au cours de la mise au point serviront à étendre le bilan hydrique et par conséquent à évaluer la présence de l'eau dans le sol, et ceci même dans les vignobles sans mesures directes d'humidité.

3. Données climatiques et indices climatiques

Le territoire de la province de Taranto a été caractérisé au niveau des températures et des précipitations ([Fig. 2](#)), en calculant la moyenne des valeurs (séries historiques de 25 ans) des stations météo de Ginosa et Castellaneta (zone 2), de Crispiano (zone 3B), de Grottaglie et S. Giorgio ionico (zone 4A), de Fragagnano (zone 4B), de Lizzano et Talsano (zone 5A) et de Avetrana (zone 5B) et en rapportant ces valeurs aux valeurs moyennes de la région Puglia, déduits en calculant la moyenne des valeurs (séries historiques de 25 ans) des stations météo de Foggia, Andria, Bari, S. Basilio, Brindisi et Taurisano, située le long du territoire régional. On a caractérisé par ailleurs, toujours au niveau des températures et des précipitations, les 6 zones considérées, en rapportant les valeurs respectives, limitées dans ce cas à la période du cycle végétatif (avril-septembre 1998) à celles moyennes correspondantes de la province de Taranto ([Fig. 3](#)).

On indique enfin l'indice de Huglin (1968) aussi bien pour caractériser les potentialités énergétiques de la province de Taranto que pour évaluer celles des 6 zones considérées.

4. Données productives

On indique certains paramètres qualitatifs de la production (sucres et acidité du moût et anthocyanes des pellicules) et on cherche leur rapport avec les données d'humidité du sol, afin d'avoir une confirmation indirecte de la bonne correspondance des données d'humidité évaluées.

Résultats et discussion

1. Caractérisation climatique

En résumé, les données climatiques démontrent ([Fig.2 a, b](#)) que le territoire de la province de Taranto a été, dans la période avril ÷ septembre, plus chaud et sec que la moyenne régionale, et ce résultat assume un poids encore plus important si l'on considère que la région Puglia est l'une des régions italiennes plus chaudes (climat de type "thermoméditerranéen accentué", selon les cartes FAO-Unesco, 1960). Les données climatiques démontrent par ailleurs ([Fig. 3 a, b](#)) que certaines des 6 zones viticoles (4B, 5A, 5B) ont subi en 1998 des conditions de températures et de précipitations (moyenne de la période avril ÷ septembre) encore plus difficiles que celles moyennes provinciales. Les indices de Huglin démontrent que nous nous trouvons face à des zones avec des disponibilités héliothermiques élevées ([Fig. 3 c](#)).

L'analyse de ces données offre donc un tableau assez complet et très indicatif de l'extrême importance d'un bien tel que l'eau dans les zones examinées, et cela ne peut que justifier le poids que l'on donne justement à son relevement.

2. Caractérisation des sols des 6 zones viticoles d'un point de vue hydrique

Les 6 zones viticoles se différencient de même pour les réserves hydriques maximales (RUm) de leurs sols. Les RUm les plus élevées sont observées d'abord dans les sols des zones 4A et 4B, puis dans les sols des zones 2, 5A, 3B et 5B (tab.1). Pour cette liste, grèvent bien naturellement la profondeur du terrain, son pourcentage de terre fine et celui de l'eau disponible (e.d.) maximale, entendue comme la différence entre la capacité hydrique au champ et le point de flétrissement. Les sols de la zone 5B, par exemple, ont les RUm les plus basses à cause des pourcentages plus réduits de terre fine et d'eau disponible maximale, alors que ceux de la zone 4A ont les RUm plus élevées à cause du pourcentage d'eau disponible plus important, d'un bon pourcentage de terre fine et d'une bonne profondeur.

3. Etalonnage directe du bilan hydrique dans les zones viticoles 5A et 5B.

La [figure 4a](#) illustre les développements de l'e.d. évalués et mesurés au cours de la période débourrement - vendange, dans les zones 5A et 5B. Comme on peut l'observer, le bilan évalue correctement les teneurs en humidité dans la partie haute des courbes, là où l'e.d. est au-dessus de 50%, alors qu'il tend à les sous-évaluer dans la partie basse, là où l'e.d. descend au-dessous de 40%.

Cela est probablement dû au fait que, à des niveaux bas d'humidité, les coefficients culturels proposés par la FAO (1977) s'adaptent mal aux conditions de milieu rencontrées dans notre milieu.

Cependant, mis à part ces erreurs de sous-évaluation, il semble que les teneurs hydriques des sols des respectives zones soient représentées de façon suffisamment correcte par les deux courbes. Cela est prouvé du fait qu'à ces teneurs correspond aussi un comportement productif des plantes approprié. En effet, la zone 5B, caractérisée par des terrains avec des ressources hydriques plus réduites que celles de la zone 5A, et ceci surtout au cours de la période de la maturation des raisins, présente aussi des vignobles avec des plantes qui donnent des moûts plus acides et avec des teneurs en sucre (°Brix) et en anthocyanes plus basses (tab. 2), symptômes typiques du stress hydrique, dus à un blocage du processus de maturation.

4. Etalonnage indirecte du bilan hydrique dans les zones viticoles 4A, 4B.

Le bilan hydrique a été mis au point aussi dans les zones 4A et 4B. Dans ce cas, en absence de l'étalonnage directe, qui ne sera effectuée qu'à partir de 1999 avec la méthode TDR, on relève les données de l'humidité et on recherche leur rapport avec les données productives,

Dans la zone 4B avec des sols à basse teneur hydrique, l'e.d. évaluée baisse sensiblement jusqu'à descendre au-dessous de 20% au cours de la période de maturation des raisins alors que dans la zone 4A l'e.d. évaluée ne descend jamais au-dessous de 30% au cours de la même période ([Fig. 4 b](#)). Par

ailleurs, par rapport aux deux niveaux d'humidité évalués, le comportement productif des plantes change de conséquence.

En effet, à la vendange, les plantes donnent des raisins avec une teneur en sucres plus basse (22.6 °Brix) dans la zone 4B caractérisée par des sols plus secs, et plus élevée (24.4 °Brix) dans la zone 4A, là où les plantes peuvent exploiter davantage l'eau des sols, au cours de leur activité d'accumulation.

Pour mettre en évidence ultérieurement le lien entre l'humidité des sols et les données productives, et confirmer ainsi la bonne évaluation effectuée avec le bilan, on a élaboré une relation entre l'e.d. (moyenne de la période débourrement-vendange) et les solides solubles du moûts (°Brix), en regroupant les données des 6 zones viticoles.

Le modèle ainsi établi ([Fig. 5a](#)), valable pour des productions de raisin entre 2 et 3 kg plante⁻¹ met en évidence une discrète dépendance des sucres (°Brix) vis-à-vis de l'e.d. moyenne des sols ($R^2 = 51$). Il montre un maximum de °Brix en correspondance avec 50-55% d'e.d. et un effet dépressif en correspondance des valeurs plus élevées d'e.d.. Par ailleurs, de nombreux vignobles des zones 3B, 4A, 4B et 5A sont situés sur des sols dotés de bonnes disponibilités hydriques, contrairement aux vignobles des zones 2 (zone trop humide) et 5B (zone trop sèche).

Parallèlement, un autre modèle a été élaboré ([Fig. 5b](#)) qui met en relation entre eux les °Brix, l'e.d. des sols et l'indice de Huglin, ce dernier étant considéré comme une évaluation du potentiel énergétique d'une zone viticole. Ce modèle, valable pour les rendements en raisin cités ci-dessus, est plus précis que le modèle précédent ($R^2 = 0.77$) et discrimine beaucoup plus les 6 zones viticoles. On observe en particulier qu'avec un indice de Huglin égal (zones 2, 3B ; zones 4A, 4B ; zones 5A, 5B), les vignobles d'une zone donnent des moûts avec une teneur en sucre plus élevée (°Brix) en fonction de l'e.d. moyenne du sol, alors qu'avec une moyenne d'e.d. du sol presque égale (zones 3B, 4A, 5A), ils donnent des moûts avec une teneur en sucre plus élevée (°Brix) en fonction du indice de Huglin de la zone.

Conclusions

Dans les 6 zones viticoles déterminées en province de Taranto, caractérisées par des températures élevées et de basses précipitations estivales, le bilan hydrique a démontré être une méthode efficace pour évaluer les ressources hydriques des sols.

Dans les zones 5A et 5B, son efficacité a été prouvée directement, en comparant les données d'humidité évaluée avec celles mesurées avec la méthode gravimétrique.

Dans les zones 4A et 4B, l'efficacité de la méthode n'est pas la conséquence d'un étalonnage direct comme dans le cas précédent, mais d'une bonne correspondance entre les données d'humidité du sol et le comportement productif des plantes.

Dans ce deuxième cas, les différences productives ont servi à justifier indirectement les différences d'humidité des sols et prouver ainsi leur exactitude.

En fonction de ces résultats, on peut donc conclure que la méthode examinée, au moyen du relevé de l'humidité du sol, peut représenter un instrument valable pour la caractérisation des zones viticoles, surtout dans le cas où la sécheresse représente le facteur dominant, tout comme dans les zones considérées dans notre expérimentation.

Par ailleurs, on a observé que l'utilisation d'un indice capable d'évaluer les potentialités énergétiques du milieu (indice de Huglin) donne une ultérieure contribution à cette caractérisation.

BIBLIOGRAPHIE

- BRANAS J., BERNON G., LEVADOUX L., 1946. *Eléments de viticulture générale*. Montpellier.
- CALIANDRO A., 1979. Consumi idrici delle colture e fattori climatici. *Agricoltura Ricerca*, 6, 2- 26.
- CARBONNEAU A., 1980. Recherche sur les systèmes de conduite de la vigne. Essai de maîtrise du microclimat et de la plante entière pour produire économiquement du raisin de qualité. Thèse Docteur-ingénieur. Université de Bordeaux II.
- CARBONNEAU A., 1996. Interactions "condite x terroir": facteurs écophysologiques expliquant la maturité du raisin et de la qualité du vin. Maîtrise de la production en viticulture. Ouvrage bibliographique réalisé dans le cadre du Programme AIR 1728.
- Doorembos J., PRUITT W.O., 1977. Guidelines for predicting crop water requirements. Irrigation and drainage paper 24, FAO, Roma.
- FAO-UNESCO, 1966. Etude écologique de la zone méditerranéenne. Carte bioclimatique de la zone méditerranéenne
- FREGONI M., 1977. Effects du sol et de l'eau sur la qualité de la vendange. Symposium international sur la qualité de la vendange. OIV, Cape Town, South Africa, 14-21 février 1977, 151-165.
- GIARDINI L., 1977. Bilancio idrico e momento d'intervento irriguo. *L'Irrigazione*, 4, 29-34.
- GIORGESSI F., CALO ' A., SANSONE L., 1995. Influenza di alcune tecniche colturali sul fabbisogno idrico della vite, nell'ambiente dell'Italia nord-orientale. *Riv. Vitic. Enol.* , 3, 5-26.
- GIORGESSI F., CALO ' A., SANSONE L., 1998. Importanza dell'irrigazione per la qualità del prodotto ed influenza di alcune tecniche colturali sul fabbisogno idrico della cv. Cabernet Sauvignon, nell'ambiente dell'Italia nord-orientale. *Riv. Vitic. Enol.* , 4, 3-12.
- HUGLIN P., 1978. Nouveau mode d'évaluation des possibilités héliothermiques d'un milieu viticole. *C.R. Acad. Agric., France* 1117-1126
- LIUNI C.S., ANTONACCI A., CAPUTO A., MASI G., GIORGESSI F., 1999. Importanza dell'irrigazione e delle forme di allevamento a vegetazione ritombante nella gestione della qualità viticola ed enologica negli ambienti caldo-aridi. *Riv. Vitic. Enol.* , 1, 87-106.
- PETTINELLI E., SORGE M., DI LENA B., TRABUCCO A., 1998. Irrigazione e drenaggio, 4, 35-41.
- SCIENZA A., FREGONI M., BOSELLI M., 1979. Rapporto tra origine geologica del terreno e composizione polifenolica del vino di "Schiava" in Alto Adige. Symposium international de la vinification en rouge. Siklos, Hongrie, 22-23 novembre 1979.
- SMART R.E., 1976. Implications of the radiation microclimate for productivity of vineyards. Ph. D. Thesis Cornell, Univ. ITHACA, New-York, 174.

LEGENDE

Fig. 1 - Province de Taranto: position des vignobles, des stations météo et des vignobles choisis pour les mesures avec le TDR

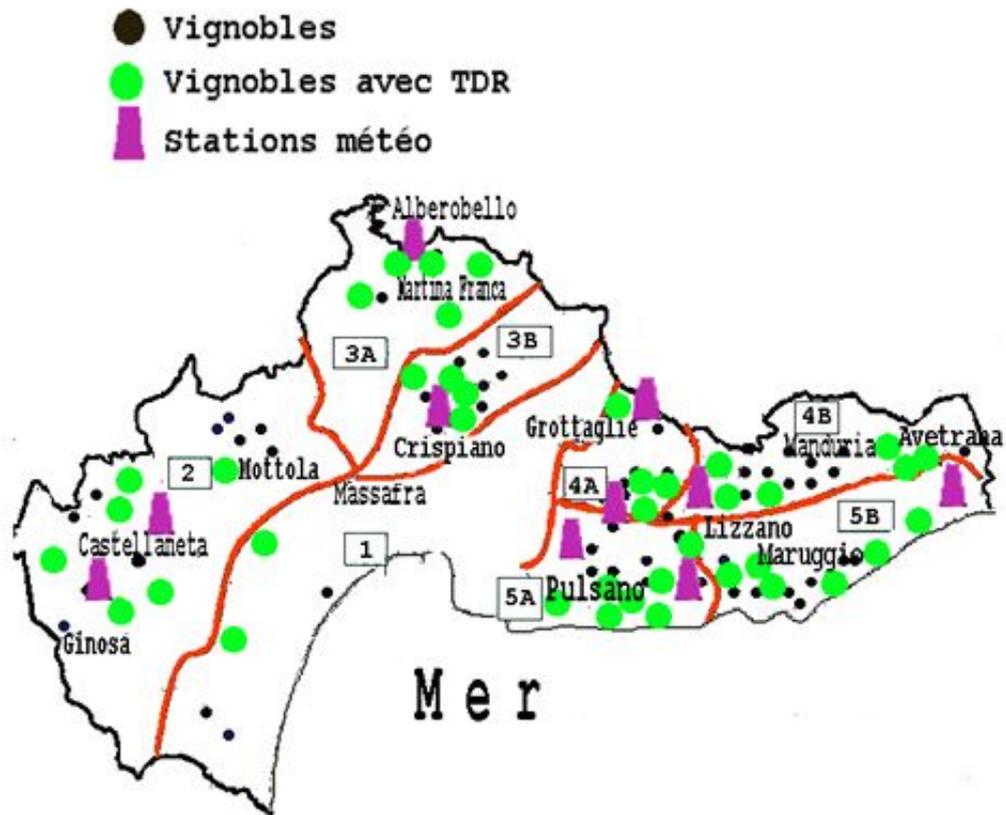


Fig.2 - (a) Températures moyennes mensuelles de l'air: moyenne région Puglia (1973-98) et province de Taranto (1973-98); (b) précipitations mensuelles: moyenne région Puglia (1973-98) et province de Taranto (1973-98); précipitations annuelles: moyenne région Puglia (S_{Puglia}) et province de Taranto (S_{TA}).

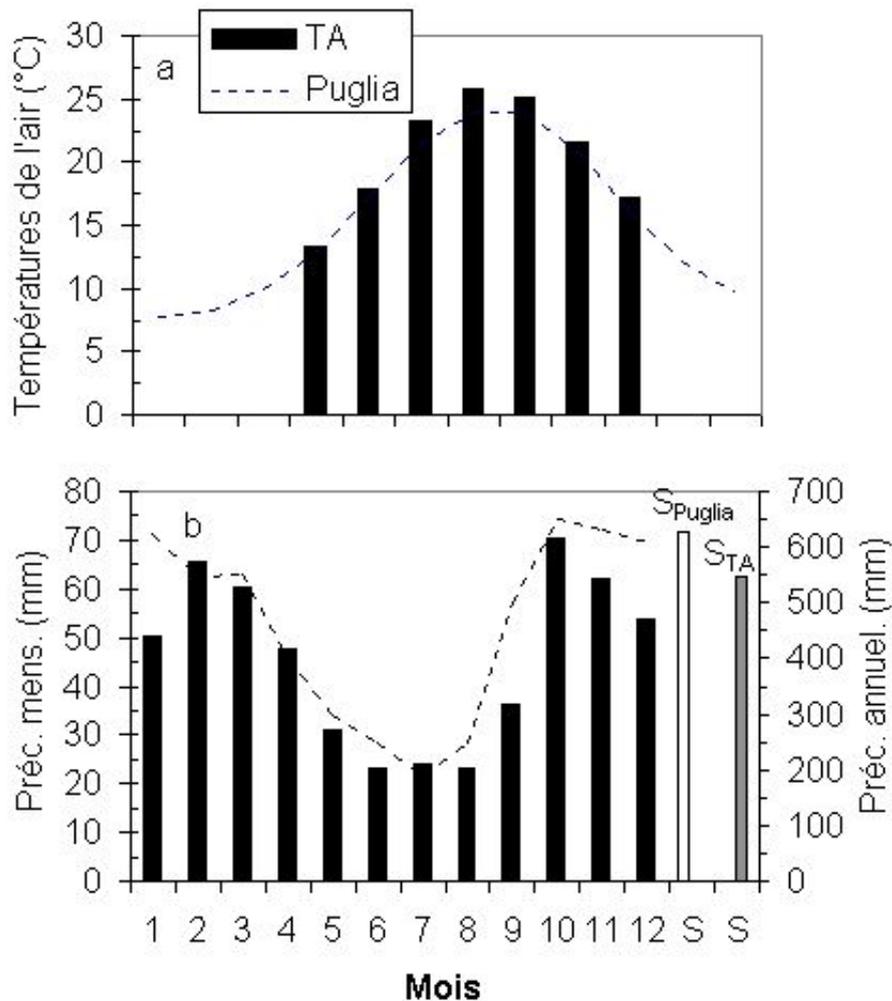


Fig.3 - (a) Températures moyennes de l'air enregistrées en 1998 dans les 6 zones viticoles et dans la province de Taranto (ligne en tirets horizontale): moyenne période bourgeonnement-vendange; (b) précipitations enregistrées en 1998 dans les 6 zones viticoles et dans la province de Taranto (ligne en tirets horizontale): moyenne période bourgeonnement-vendange; (d) indice de Huglin calculé en 1998 pour la période bourgeonnement-vendange, dans les 6 zones viticoles et dans la province de Taranto (ligne en tirets horizontale).

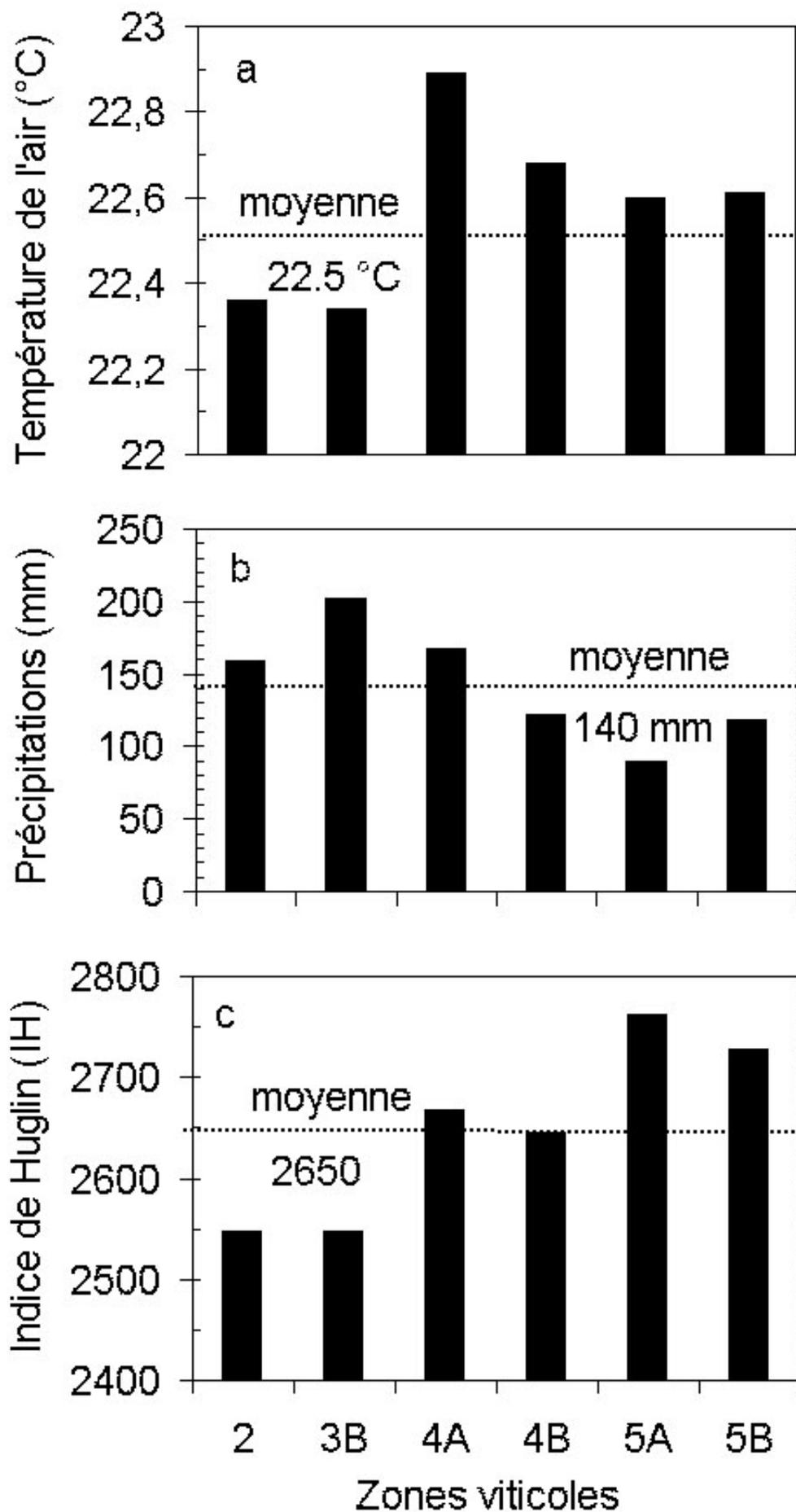


Fig.4 - Eau disponible dans les sols pour les zones 5A et 5B (a) et pour les zones 4A et 4B (b), à partir du bourgeonnement jusqu'à la vendange; dans les figures on reporte aussi les rendements moyens de raisin et les moyennes des sucres du moût (°Brix) des différentes zones. V = moment de la véraison.

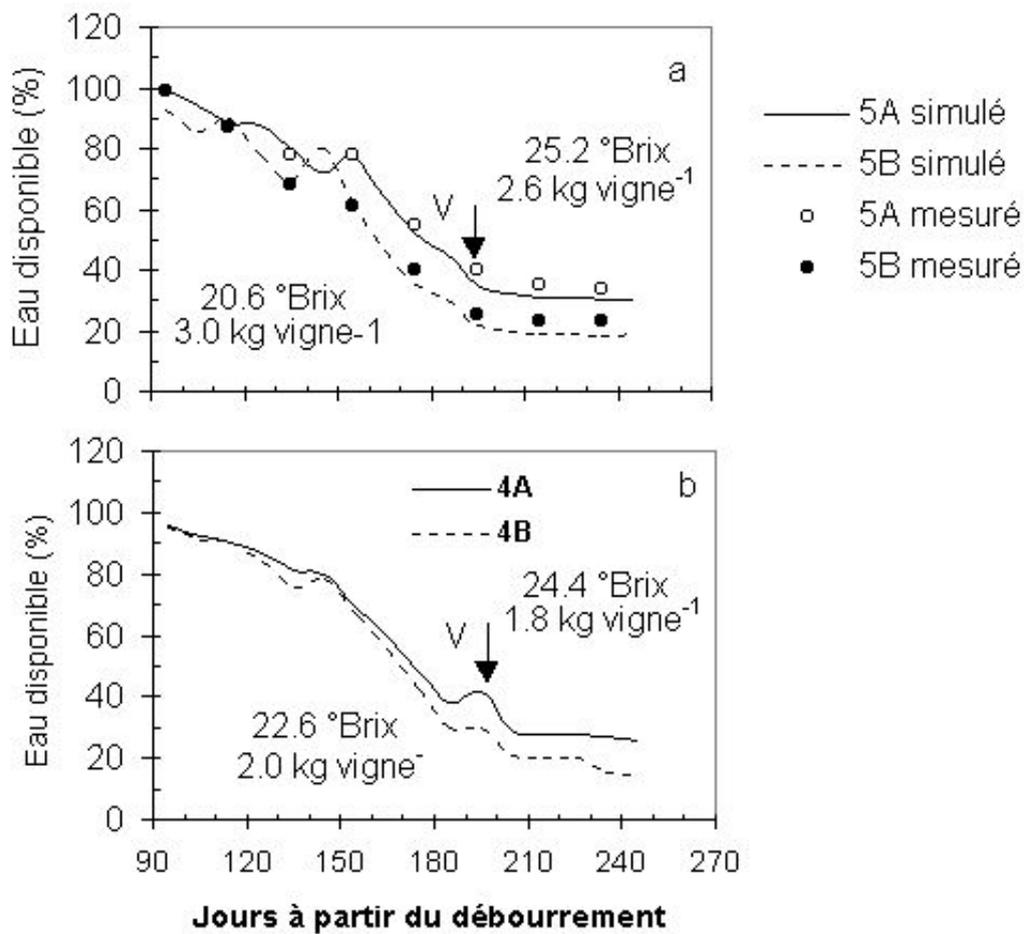
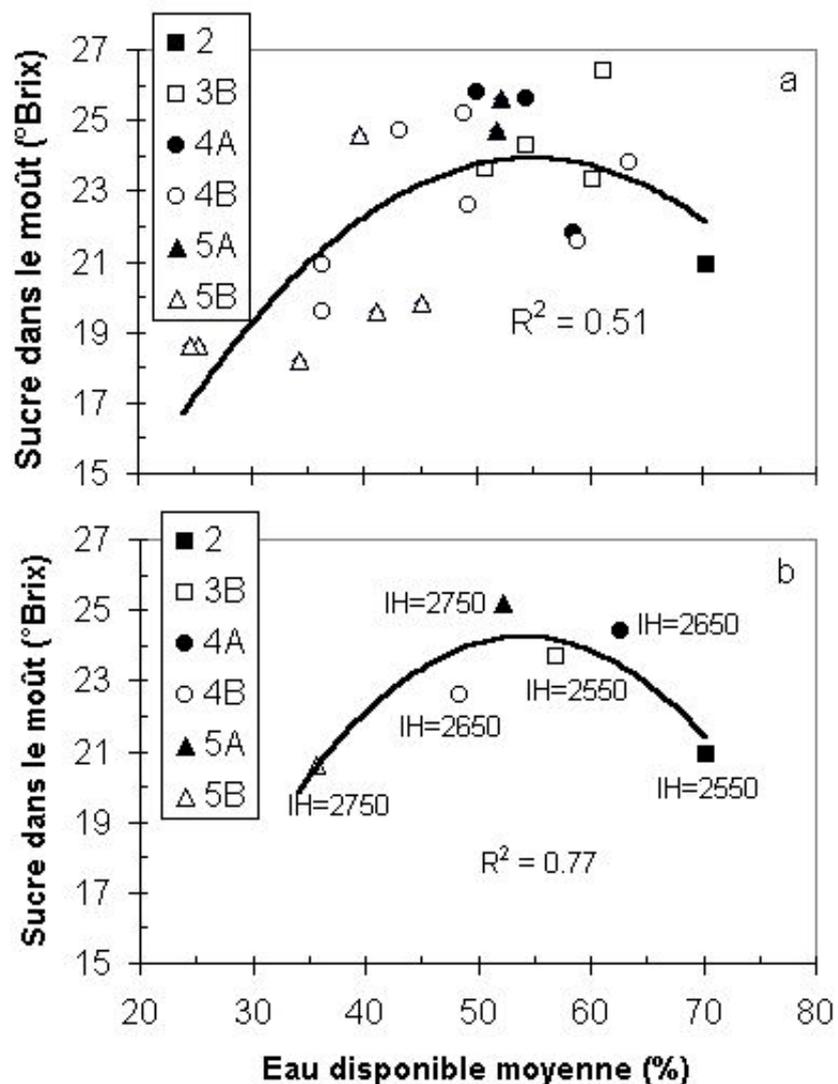


Fig. 5 - (a) Variation des sucres du moût (°Brix) en fonction de l'eau disponible moyenne évaluée (moyenne évaluée pour chaque sol des 6 zones viticoles); (b) variation des sucres du moût (°Brix) en fonction de l'eau disponible moyenne évaluée (moyenne évaluée pour chaque zone viticole) et en fonction de l'indice de Huglin (IH).



Tab.1 - Profondeur des sols, % de terre fine, % d'eau disponible maximale (CC-PF) et réserves hydriques maximales (RU_m): valeurs moyennes divisées par zone viticole. CC = capacité hydrique au champ ; PF = point de flétrissement ; p.s. = poids sec du terrain.

Tab. 1 -				
Zones	Profondeur	Terre fine	CC - PF	RU_m
viticoles	(m)	(%)	(% p.s.)	(mm)
2	0,96	78	17	139,8
3B	0,96	67	16	111,2
4A	1	76	18	162,2
4B	1	75	16	143,1
5A	1	73	15,7	126,4
5B	1	64	15,3	105,6

Tab.2 - Rendement de raisin, sucres (°Brix) et acidité titrable totale (AT) du moût, anthocyanes des pellicules: valeurs moyennes divisées par zone viticole.

Tab. 2 -				
Zones	Raisin	Sucre	AT	Anthoc.
viticoles	(kg vigne-1)	(°Brix)	(g L-1)	(mg kg-1)
5A	2,6	25,2	5,6	692
5B	3,0	20,6	6,5	573