



Contribution des réserves hydriques profondes du calcaire à Astéries compact à l'alimentation en eau de la vigne dans le Bordelais

J. Duteau

► To cite this version:

J. Duteau. Contribution des réserves hydriques profondes du calcaire à Astéries compact à l'alimentation en eau de la vigne dans le Bordelais. *Agronomie*, 1987, 7 (10), pp.859-865. <hal-00884962>

HAL Id: hal-00884962

<https://hal.science/hal-00884962v1>

Submitted on 11 May 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



HAL Authorization

Contribution des réserves hydriques profondes du calcaire à Astéries compact à l'alimentation en eau de la vigne dans le Bordelais

J. DUTEAU

Institut d'Oenologie, 351, cours de la Libération, 33405 Talence

RÉSUMÉ

Des profils et des bilans hydriques ont été réalisés au sein du vignoble bordelais dans différents sols superficiels à texture limono-sableuse, établis sur le calcaire à Astéries (Oligocène) compact et non saturé en eau. Les résultats montrent le rôle fondamental de la roche non colonisée par les racines dans l'alimentation en eau de la vigne : au cours d'étés moyennement humides (1982, 1983), l'absorption d'eau à partir de ces zones profondes a représenté de 20 à 40 p. 100 de l'évapotranspiration réelle. Cette eau stockée dans le substratum constitue globalement une réserve d'environ 150 mm : de ce fait, la demande évaporative sera toujours satisfaite à plus de 50 p. 100.

Mots clés additionnels : *Profils hydriques, bilans hydriques, Vitis vinifera L. cv. Merlot.*

SUMMARY

Contribution of the water reserves of compact limestone to water uptake by grapevine in the Bordeaux area.

Moisture profiles and grapevine water balances were determined in the Bordeaux area on superficial soils with a loamy-sandy texture overlying the oligocene "calcaire à Astéries"; this unsaturated limestone forms a compacted ledge without roots. Results show the fundamental part played by the bed-rock for water uptake by grapevine during relatively dry summers (1982, 1983) : water absorption from these deep zones represented 20 to 40 % of the actual evapotranspiration. This water stored within the thinnest pores of the substratum constitutes an usable reserve of about 150 mm : also, the ratio between actual and potential evapotranspiration is always superior to 50 %.

Additional key words : *Moisture profiles, water balances, Vitis vinifera L. cv. Merlot.*

I. INTRODUCTION

Comme le rappellent quelques publications récentes, la contribution des réserves profondes du sol au bilan hydrique des cultures joue, au cours de certaines années, un rôle très important (PANINE & MÉRIAUX, 1981 ; KATERJI *et al.*, 1984). En ce qui concerne la vigne, l'Institut d'Oenologie de Bordeaux fut certainement le premier laboratoire à mettre en évidence, dans les terroirs graveleux du Haut-Médoc, l'incidence d'un système racinaire profond sur les conditions de l'alimentation en eau et sur la constitution des raisins à maturité (SEGUIN, 1970, 1971, 1973, 1975).

Mais, dans la mesure où les meilleurs crus de Bordeaux sont implantés sur des formations géologiques

variées, et pas exclusivement sur ces nappes alluviales à texture grossière, nous avons été amenés à poursuivre ces travaux en les élargissant notamment aux terroirs viticoles de Pomerol et de Saint-Emilion (DUTEAU, 1980 ; DUTEAU *et al.*, 1981). Cela nous a conduit à essayer de mieux comprendre le fonctionnement hydrique de sols superficiels établis sur des roches-mères compactes non exploitées par les racines. L'objet de cet article est de présenter les profils et les bilans hydriques réalisés dans ce type de terroir viticole au cours d'étés peu humides, qui mettent en évidence le rôle de l'horizon R dans l'alimentation en eau de la vigne, rôle quantitativement plus important que les premières observations ne l'avaient laissé penser (DUTEAU, 1982).

II. MATÉRIELS ET MÉTHODES

A. Les conditions du milieu

L'étude a été effectuée à environ 35 km à l'Est de Bordeaux, près du bourg de Saint-Emilion, qui est construit sur un escarpement du calcaire à Astéries (Oligocène, étage Stampien) correspondant à un faciès calcarénite (PRATVIEL, 1972).

Dans l'ensemble de cette appellation, les cépages rencontrés sont, par ordre décroissant d'importance, le Merlot noir, le Cabernet-Franc (Bouchet) et le Cabernet-Sauvignon et les porte-greffe : le 420 A ou le 41 B. La législation impose un seul système de taille, le Guyot simple, et une densité de plantation au moins égale à 5 000 pieds par hectare. Le mode de conduite utilisé, traditionnel en Bordelais, consiste à palisser les sarments et à les rogner à une hauteur de 1,5 m.

Les vignobles implantés dans cette zone, en situation quasi-horizontale, à environ 40 m au-dessus de la vallée de la Dordogne, sont établis sur des lithosols ou des rendzines initiales, mais qui ont été aménagés et donc profondément modifiés par l'homme afin de faciliter la culture de la vigne (CANION *et al.*, 1982). L'horizon cultural est en effet caractérisé par :

- une épaisseur de 50 cm environ ;
- la présence de sables quartzeux légèrement éolisés et d'éléments grossiers non calcaires d'origine allochtone ;
- des teneurs en phosphore assimilable élevées et inhabituelles en milieu calcaire en raison de la rétrogradation apatitique.

Compte tenu des caractéristiques analytiques de cet horizon (tabl. 1) et du fait qu'il repose directement sur la roche calcaire non karstifiée que les racines ne peuvent coloniser (fig. 1), la réserve en eau utile peut être estimée à environ 60 mm.

TABLEAU 1
Résultats analytiques du sol viticole étudié.
Analytical data of the vineyard soil.

			Profondeur (cm)				
			Ap				R
			0 - 10	- 10 - 25	- 25 - 40	- 40 - 50	- 55
Cailloux	p. 100		7	14	9	15	
Graviers	p. 100		12	11	9	12	
Terre fine	p. 100		81	75	82	73	
Sables grossiers	p. 100		52,2	49,2	48,6	43,2	
Sables fins	p. 100		15,5	15,5	18,2	18,9	
Limons grossiers	p. 100		6,3	4,6	6,3	6,5	
Limons fins	p. 100		16,3	19,2	15,9	19,5	
Argiles	p. 100		6,1	8,9	8,2	9,3	3,0
Répartition des minéraux argileux	Smectites	p. 100	13	24	18		36
	Illites	p. 100	53	49	52		46
	Kaolinite	p. 100	17	15	16		10
	Chlorites	p. 100	17	12	14		8
Humidité équivalente	p. 100		14,7	17,3	16,5	16,7	
Carbone organique	p. 100		1,41	0,94	0,94	0,93	
Azote total	p. 100		0,121	0,071	0,079	0,084	
C/N			11,6	13,2	11,9	11,1	
Complexe adsorbant	K ⁺	meq. p. 100 g	1,04	0,72	0,48	0,29	
	Na ⁺	meq. p. 100 g	0,18	0,20	0,20	0,25	
	Mg ⁺⁺	meq. p. 100 g	0,96	0,80	0,85	0,69	
	Ca ⁺⁺	meq. p. 100 g	+	+	+	+	
	S	meq. p. 100 g	+	+	+	+	
	C.E.C.	meq. p. 100 g	10,3	9,3	9,5	10,4	
	V	p. 100	sat.	sat.	sat.	sat.	
pH dans eau			7,8	7,8	7,7	7,7	
Calcaire total	p. 100		34,4	44,9	35,1	37,1	92,9
Calcaire actif	p. 100		5,3	8,8	6,6	9,4	
Indice pouvoir chlorosant			11	55	21	55	
P ₂ O ₅ assimilable	p. 1 000		0,51	0,18	0,25	0,13	
Fer libre	p. 100		0,95	0,54	0,45	0,59	

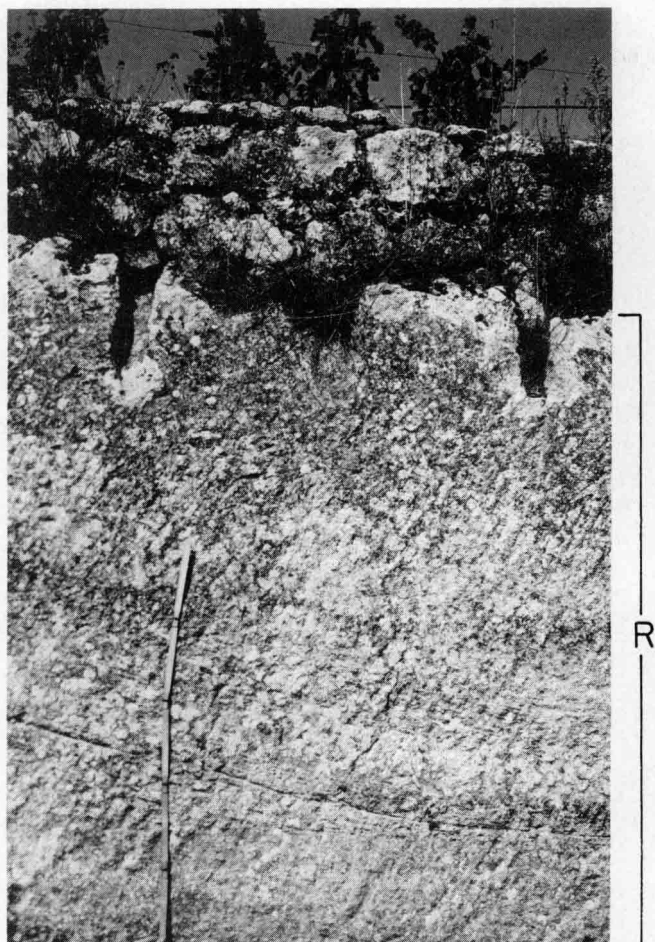


Figure 1

« Sol » viticole étudié.

L'horizon cultural Ap (environ 50 cm) est ici maintenu en place par une murette ; il repose directement sur la roche calcaire compacte R. Soil profile in the vineyard.

B. Les termes du bilan hydrique

Les parcelles de Merlot noir, choisies pour étudier l'alimentation en eau de la vigne, sont caractérisées par une bonne homogénéité agropédologique et biologique sur une surface d'environ 100 m². Celle qui est présentée dans cet article est établie à la base du calcaire à Astéries, dont la puissance à cet endroit est légèrement inférieure à 3 m et qui repose directement sur la molasse sableuse du Fronsadais.

A proximité de cette parcelle, une station climatique comportant un pluviographe, un pyranomètre et un abri météorologique avec un thermo-hygrographe nous a permis d'enregistrer la pluviosité et de faire une estimation de l'évapotranspiration potentielle locale (ETP) à l'aide de la formule de TURC (1961).

1. Mesure de la variation du stock d'eau

La mesure de la variation du stock d'eau des sols nécessite la détermination de l'humidité volumique par la méthode neutronique (MAERTENS *et al.*, 1965). Pour cela, deux tubes en acier inoxydable de diamètre 40 × 43 mm ont été implantés dans l'axe des ceps, de la manière suivante : des avant-trous d'un diamètre de 43 mm environ ont été réalisés d'abord dans l'horizon cultural avec une tarière de type Helix puis, en profon-

deur, à l'aide de fleurets en carbure de tungstène ; les tubes d'accès aux sondes de mesure, terminés par une pointe conique soudée et clavetée, ont été enfoncés ensuite par percussion à l'aide d'un marteau pneumatique.

Les comptages neutroniques (N) sont effectués sur le terrain à l'aide d'une sonde NARDEUX type Solo 20 (activité de la source : 40 mCi, référence eau : 1 000), par tranches de 10 cm à partir de la cote - 10 cm.

Un étalonnage gravimétrique de cet appareil avait été réalisé dès 1979 dans différents types de sol viticole de Pomerol et de Saint-Emilion, lors de la mise en place de l'étude de l'alimentation en eau de la vigne. Comme les points (Δ) correspondant au sol présenté s'intégraient correctement à la droite d'étalonnage (fig. 2), mais n'étaient que peu nombreux, nous avons utilisé pour nos calculs la relation générale :

$$N = 1\,056\theta + 41 \quad (r = 0,98)$$

Remarque : Des fluctuations de 5 à 10 p. 100 des pentes réelles des courbes de chaque horizon de ce sol par rapport à cette valeur moyenne sont théoriquement possibles, mais ne sauraient remettre en cause le sens de nos conclusions.

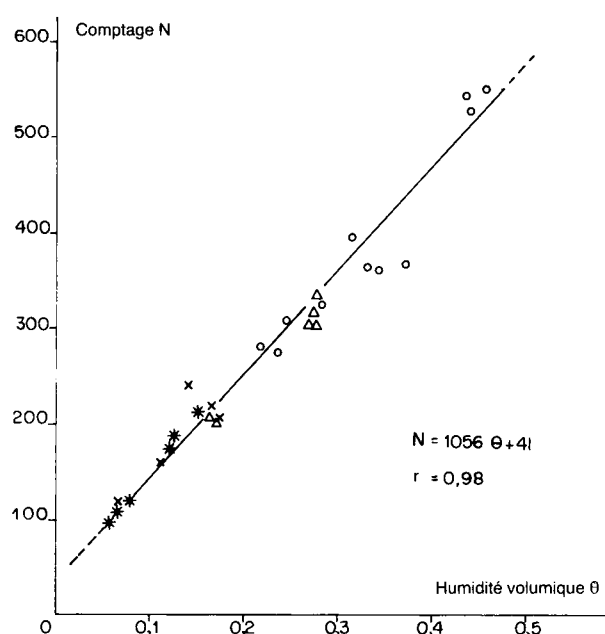


Figure 2

Courbe expérimentale d'étalonnage de l'humidimètre à neutrons obtenue sur différents types de sol viticole.

Experimental calibration curve for the neutron moisture gauge obtained in different vineyard soils.

Pendant les périodes estivales étudiées, l'humidité volumique (θ) a été déterminée en général une fois par semaine. Nous avons pu vérifier que les différences sur les variations de stock d'eau entre les 2 tubes de mesure sont au maximum de 10 mm, en raison notamment de la faible intensité des pluies qui ont pu pénétrer de manière presque identique dans l'ensemble du sol.

2. Estimation des autres termes du bilan

Dans la formulation classique donnant l'évapotranspiration réelle d'une culture $ETR = P - \Delta S \pm R - \Phi$

(où P représente la pluviosité et ΔS la variation du stock d'eau des sols), si le terme de ruissellement (R) peut être parfois négligé, notamment en situation quasi-horizontale, il n'en est pas de même, en général, de l'intensité des flux d'eau profonds (Φ) (DAUDET & VACHAUD, 1977). Comme il n'a pas été possible de mettre en place correctement des tensiomètres vers 3 m de profondeur dans les zones z_0 où l'humidité volumique ne varie pratiquement pas, nous avons fait l'hypothèse que le gradient de potentiel devait y être toujours égal à l'unité (écoulement gravitaire) : de ce fait, dans les calculs d'évapotranspiration réelle, le flux d'eau a été estimé directement à partir de la courbe d'évolution $[\Phi(\theta)]_{z_0}$, déterminée en hiver au cours d'une expérience de drainage interne.

Remarque : Il faut signaler dès à présent que pour l'ensemble des périodes estivales étudiées à ce jour sur le site, cette valeur a toujours été inférieure à 0,1 mm/j et, de ce fait, considérée comme négligeable sur le plan bioclimatique.

III. RÉSULTATS

A. La capacité de rétention

La capacité de rétention en eau de ce « sol » a été déterminée à l'occasion de cette manipulation de drainage interne : étant assuré le 22 décembre 1982 que le

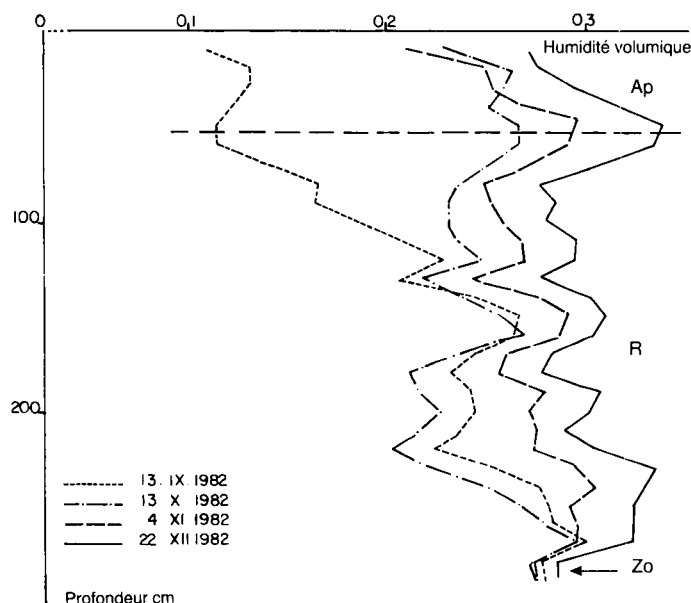


Figure 3

Evolution des profils hydriques au cours de l'automne 1982. La période comprise entre le 4.XI et le 22.XII a été caractérisée par une très forte pluviosité (280 mm) ; dans le même temps, l'augmentation du stock d'eau jusqu'à la cote z_0 n'a représenté que 89 mm. Ce résultat montre que le « sol » est en cours de drainage (et que le réservoir-eau a été rempli), puisque le ruissellement est négligeable dans cette situation quasi-horizontale.

Water content variation during autumn 1982. The period between 4.XI and 22.XII was characterized by a large quantity of water (280 mm) ; at the same time, variation in total water content represented only 89 mm until z_0 . This result shows there is deep drainage in the « soil » (and that the reservoir has been filled up) because runoff is negligible in this quasi-horizontal site.

réservoir eau de l'horizon cultural et de la roche était rempli jusqu'à la cote z_0 au moins (voir la réhumectation progressive par les pluies automnales sur la fig. 3), nous avons mis en place une bâche sur le sol et un parapluie au-dessus de la parcelle d'étude. Le suivi ultérieur de l'humidité volumique, qui a permis de tracer $[\Phi(\theta)]_{z_0}$, nous a conduit à retenir comme capacité de rétention (fig. 4) le profil hydrique du 28 janvier 1983 qui fait suite à un épisode de 38 jours sans réhumectation. Ce profil montre que l'humidité volumique du sol (0 – 55 cm) est d'environ 25 p. 100, mais également que la roche calcaire peut stocker des quantités importantes d'eau. D'un point de vue agronomique, il s'agit bien, au sein du substratum, d'une véritable rétention de l'eau puisqu'on n'observe pas de variation significative du stock hydrique entre le 7 et le 28 janvier.

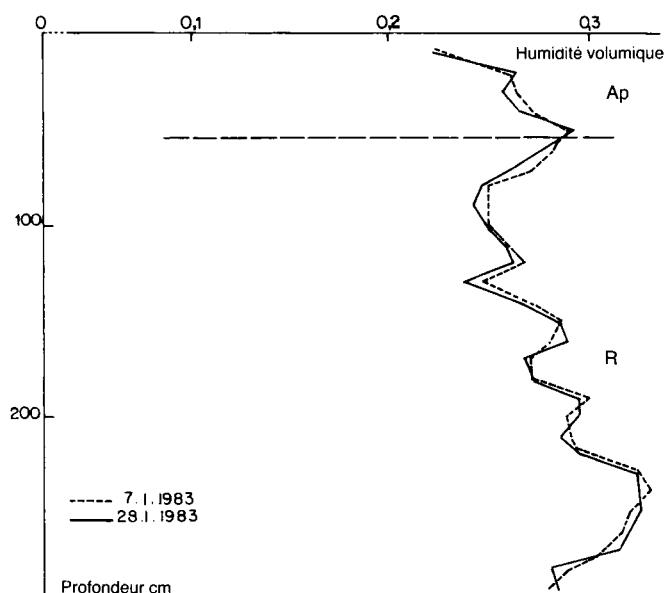


Figure 4

Profils hydriques relevés pendant l'hiver sous un parapluie mis en place le 22.XII.1982.

Water content during winter under an umbrella placed on 22.XII.1982.

D'un point de vue physique, soit les couches profondes étudiées se trouvent toujours en drainage lent, mais le flux d'eau devient si faible que les variations de l'humidité volumique ne peuvent plus être décelées avec les sondes, soit le plan de flux nul se trouve déjà en dessous des zones de mesure. Quoi qu'il en soit, l'eau ainsi stockée depuis la surface jusqu'à – 275 cm (profondeur z_0 à partir de laquelle l'humidité volumique ne s'écarte au plus que de 1 p. 100 de la capacité de rétention à la fin des étés secs) représente 760 mm.

B. Le fonctionnement des différentes couches

L'étude des profils hydriques au cours de plusieurs années peu ou moyennement humides a permis de mieux préciser le rôle des différentes couches de ce « sol ».

1. En 1983, entre la période de floraison (14 juin) et

les vendanges (28 septembre), c'est l'horizon Ap (0, - 55 cm), réhumecté régulièrement par les pluies (149 mm), qui a joué quantitativement le rôle le plus important dans l'alimentation en eau de la vigne. Néanmoins, les consommations d'eau à partir du calcaire ont représenté environ 40 p. 100 de l'évapotranspiration réelle tout au long de cette période (fig. 5). Mais, comme nous le voyons sur la figure 6, si cette eau extraite de la roche provenait presque exclusivement de la couche R₁ (- 55, - 165 cm) au début de l'été (14 juin au 12 juillet), au contraire, ce sont uniquement les réserves des zones plus profondes qui ont été utilisées durant toute la période de maturation du raisin (11 août au 28 septembre).

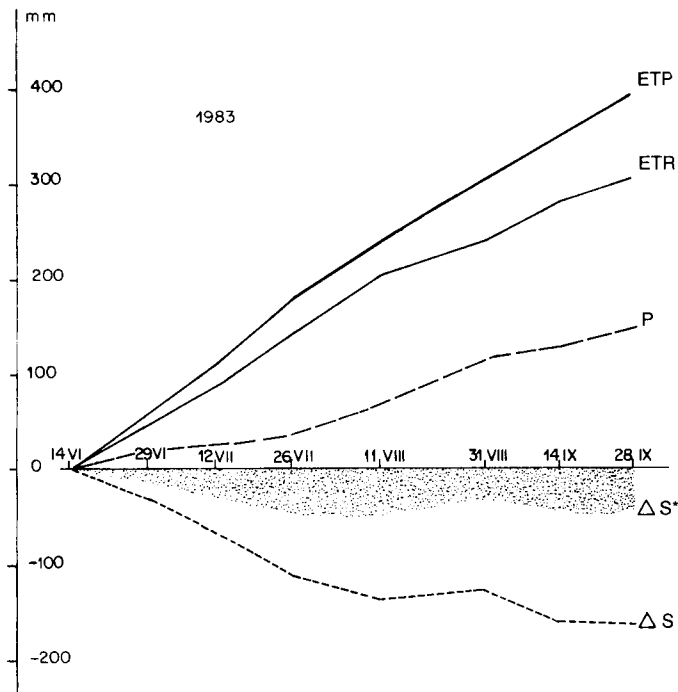


Figure 5

Evolution des différents termes cumulés du bilan hydrique en 1983, à partir de la floraison jusqu'aux vendanges.

P Précipitations.

ΔS* Variation du stock d'eau des 55 premiers centimètres (horizon Ap).

ΔS Variation du stock d'eau des 275 premiers centimètres (horizons Ap et R).

ETR Evapotranspiration réelle.

ETP Evapotranspiration potentielle (méthode TURC).

Water balance components in 1983, from flowering to harvest.

P Rainfall.

ΔS* Variation of the total water content in the 0-55 cm upper layer of the soil (Ap horizon).

ΔS Variation of the total water content in the 0-275 cm upper layer of the « soil » (Ap and R horizons).

ETR Actual evapotranspiration.

ETP Potential evapotranspiration (TURC method).

Il faut rajouter qu'au cours de la période qui a suivi les vendanges, nous avons pu voir la dessiccation se poursuivre dans cette couche profonde R₂ (- 165, - 275 cm) alors que l'humidité restait constante dans les 165 premiers centimètres. D'ailleurs, le profil hydrique relevé cette année-là le 11 octobre (fig. 6) se superpose pratiquement avec celui observé plus récemment (4 novembre 1985) après un des épisodes les plus secs

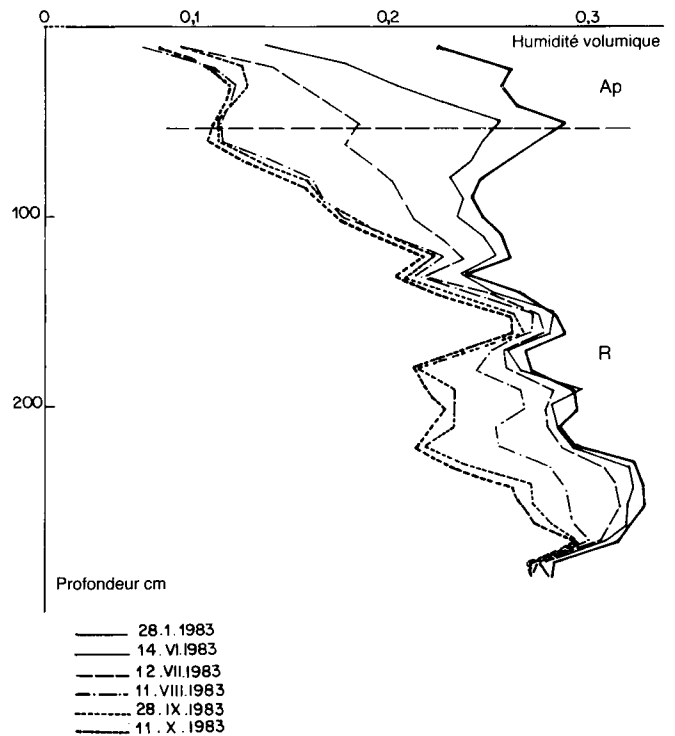


Figure 6

Evolution des profils hydriques au cours de l'été 1983.

Water content variation during summer 1983.

que le Bordelais ait connu (33 mm de précipitations entre le 5 juillet et le 4 novembre 1985) : ils correspondent à un stock d'eau d'environ 535 mm. En conséquence, l'eau extraite pendant la période végétative représente au maximum 225 mm, dont les deux tiers environ (145 mm) proviennent de la roche R non colonisée par les racines.

2. Des mécanismes semblables ont pu être observés durant l'été 1982 (1^{er} juin au 13 septembre). L'évapotranspiration réelle a représenté, comme en 1983, 80 à 90 p. 100 de l'évapotranspiration potentielle tout au long de la période étudiée (fig. 7). Mais, en raison de précipitations plus abondantes (172 mm) permettant un meilleur fonctionnement hydrique de l'horizon colonisé par les racines, la contribution de la roche à l'alimentation en eau de la vigne a été plus faible (20 p. 100). Cependant, le profil hydrique relevé au moment des vendanges le 13 septembre a été très proche de celui observé le 28 septembre 1983 car dès la floraison (1^{er} juin), à la suite d'un printemps particulièrement sec, le calcaire avait déjà cédé une partie de sa réserve en eau (fig. 8).

IV. DISCUSSION

Au cours d'années peu humides, l'abondance des racines dans les couches de subsurface permet un très fort assèchement de l'horizon cultural Ap et particulièrement de la couche (- 45, - 55 cm) située au contact de la roche compacte non altérée (fig. 6). En conséquence, le potentiel matriciel augmente considérablement à ce niveau et, dans un premier temps, l'eau stockée dans les pores fins du calcaire migre par capillarité sur une épaisseur de un mètre environ à la vitesse de

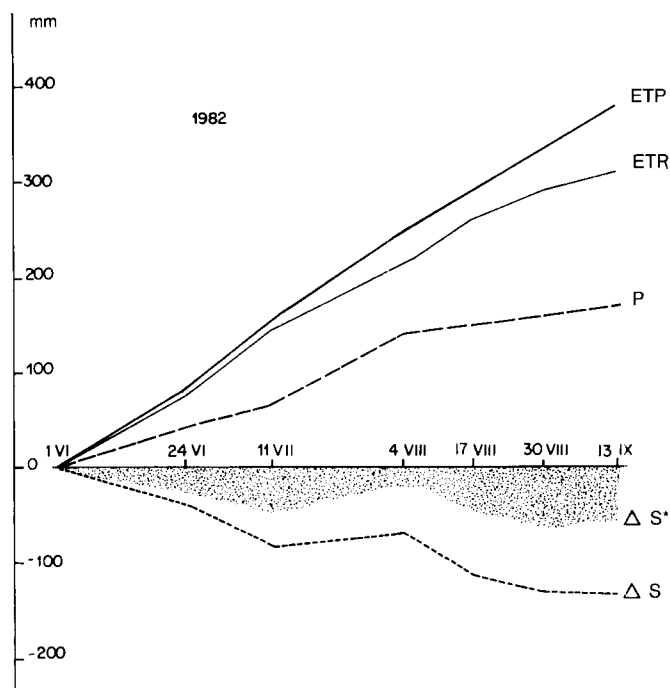


Figure 7

Evolution des différents termes cumulés du bilan hydrique en 1982, à partir de la floraison jusqu'aux vendanges.

P Précipitations.

ΔS* Variation du stock d'eau des 55 premiers centimètres (horizon Ap).

ΔS Variation du stock d'eau des 275 premiers centimètres (horizons Ap et R).

ETR Evapotranspiration réelle.

ETP Evapotranspiration potentielle (méthode TURC).

Water balance components in 1982, from flowering to harvest.

P Rainfall.

ΔS* Variation of the total water content in the 0-55 cm upper layer of the soil (Ap horizon).

ΔS Variation of the total water content in the 0-275 cm upper layer of the « soil » (Ap and R horizons).

ETR Actual evapotranspiration.

ETP Potential evapotranspiration (TURC method).

$1,0 \pm 0,2$ mm/j ; puis, lorsque la plus grande partie des réserves de cette couche est épuisée, le gradient de potentiel vers -165 cm est certainement suffisant pour permettre une extraction complémentaire d'eau jusque vers -275 cm : celle-ci s'effectue régulièrement mais plus lentement ($0,5 \pm 0,2$ mm/j), en raison peut-être de la présence d'un niveau calcaire lité qui sépare ces deux compartiments de la roche R₁ et R₂.

Ainsi, dans des conditions de sécheresse qui associe-

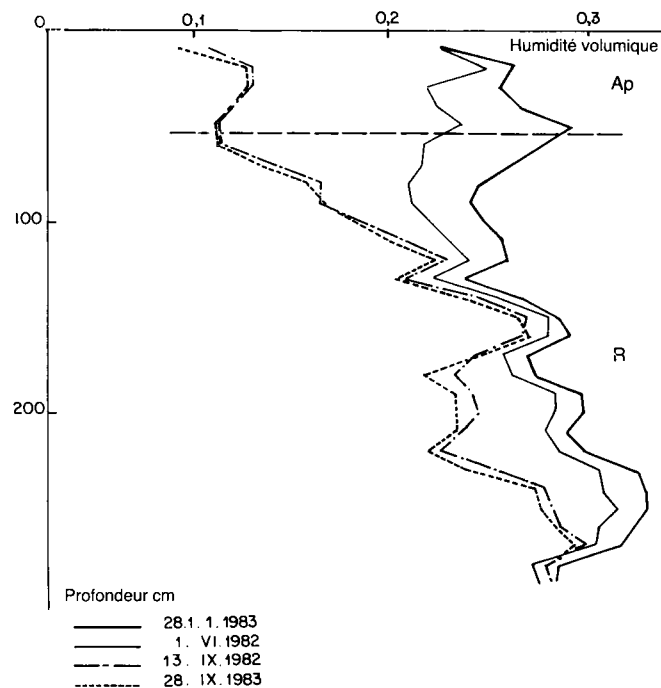


Figure 8

Evolution des profils hydriques au cours de l'été 1982. Comparaison avec les profils caractéristiques de 1983.

Water content variation during summer 1982. Comparison with characteristic hydric profiles of 1983.

raient un printemps très sec comme celui de 1982 à un été sans pluie, l'eau évapotranspirée entre le début juin et la mi-septembre représenterait déjà plus de 40 p. 100 de l'évapotranspiration potentielle la plus élevée du Bordelais. Pour des précipitations se rapprochant de la normale (200 mm) régulièrement réparties durant cette même période, la demande évaporative serait toujours pratiquement satisfaite (fig. 5 et 7).

Tous ces résultats sont à rapprocher de ceux obtenus il y a plusieurs années dans les craies de Champagne (BALLIF & VACHIER, 1981). Mais, dans cette zone de coteau de Saint-Emilion, la roche compacte (calcaire à Astéries) est séparée de la nappe phréatique par 30 m de sable non saturé en eau (molasse du Fronsadais) qui joue le rôle d'écran capillaire.

Reçu le 18 mars 1986.
Accepté le 18 août 1987.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Ballif J. L., Vachier P., 1981. Méthodes d'étude de l'espace poral de la craie et hypothèse de son fonctionnement hydrique. *Communication aux journées scientifiques du G.F.H.N.*, Avignon, 24-25 novembre.
- Canion O., Duteau J., Latouche C., Seguin G., 1982. Les sols viticoles formés sur le calcaire à Astéries. Facteurs naturels et humains. *Conn. Vigne Vin*, 4, 207-218.

- Daudet F., Vachaud G., 1977. La mesure neutronique du stock d'eau du sol et de ses variations. Application à la détermination du bilan hydrique. *Ann. Agro.*, 5, 503-519.

- Duteau J., 1980. Le vignoble de Pomerol et Saint-Emilion : climat, formations géologiques et grands types de sols ; particularités du régime hydrique. *Colloque Franco-Roumain sur les relations sol-vigne*, 68-85, I.N.R.A. Bordeaux, 23-27 juin.

Duteau J., 1982. Alimentation en eau de la vigne dans le Bordelais en période estivale sèche. Exemple de l'année 1980 à Saint-Emilion et Pomerol. *Science du sol*, 1, 15-29.

Duteau J., Guilloux M., Seguin G., 1981. Influence des facteurs naturels sur la maturation du raisin en 1979 à Pomerol et Saint-Emilion. *Conn. Vigne Vin*, 1, 1-27.

Katerji N., Daudet F., Valancogne Ch., 1984. Contribution des réserves profondes de sol au bilan hydrique des cultures. Détermination et importance. *Agronomie*, 4 (8), 779-787.

Maertens C., Morizet J., Studer R., 1965. Modalités d'utilisation en agronomie d'un humidimètre à ralentissement de neutrons. *Ann. Agro.*, 1, 5-23.

Panine M., Mériaux S., 1981. Contribution du sol à l'alimentation hydrique de la vigne et ses conséquences sur la production quantitative et qualitative dans le midi de la France. *Bull. du G.F.H.N.*, 9, 37-54.

Pratviel L., 1972. *Essai de cartographie structurale et faciologique du bassin sédimentaire Ouest-Aquitain pendant l'Oligocène*. Thèse Doct. es-Sci. Nat., 632 p., Bordeaux.

Seguin G., 1970. *Les sols de vignobles du Haut-Médoc. Influence sur l'alimentation en eau de la Vigne et sur la maturation du raisin*. Thèse Doct. es-Sci. Nat., 141 p., Bordeaux.

Seguin G., 1971. L'alimentation en eau de la Vigne et la maturation du raisin en 1970 sur quelques sols typiques du Haut-Médoc. *Conn. Vigne Vin*, 3, 293-313.

Seguin G., 1973. Caractères particuliers de l'alimentation en eau de la Vigne en 1973, dans un sol typique du Médoc. Conséquences sur la maturation du raisin. *C. R. Acad. Sci.*, 277 D, 2493-2496.

Seguin G., 1975. Alimentation en eau de la Vigne et composition chimique des moûts dans les grands crus du Médoc. Phénomènes de régulation. *Conn. Vigne Vin*, 1, 23-34.

Ture L., 1961. Evaluation des besoins en eau d'irrigation, Evapotranspiration potentielle. *Ann. Agro.*, 1, 13-49.