L'ALIMENTATION EN EAU DE LA VIGNE ET LA MATURATION DU RAISIN EN 1970, SUR QUELQUES SOLS TYPIQUES DU HAUT-MÉDOC

G. SEGUIN
Laboratoire d'Œnologie et Chimie Agricole.
Université de Bordeaux

L'alimentation en eau de la vigne, au cours de l'été 1970, a présenté l'originalité d'être entièrement tributaire de la pluviosité. Nous nous proposons d'en examiner les conséquences sur la maturation du raisin.

Il est d'autre part intéressant de comparer les résultats de 1970 avec ceux obtenus au cours des années 1966 et 1967 qui furent, en Médoc, deux bons millésimes.

I. — INTRODUCTION ET RAPPELS

Cet article est la suite de celui déjà publié dans **Connaissance de la vigne et du vin** en 1969 (tome 3, n° 2), article qui traitait de l'alimentation en eau de la vigne et de la maturation du raisin en 1966, 1967 et 1968 sur les sols que nous avons réutilisés pour la présente étude (nous n'aborderons pas le cas de l'année 1969 qui a été caractérisée, comme 1968, par une pluviosité estivale anormalement élevée).

On trouvera les techniques d'études (analyses de sols, humidimètre à neutrons, microclimat, maturation du raisin) dans la publication déjà citée ; nous nous contenterons de rappeler ici les points qui nous semblent les plus importants.

1 — Sols étudiés

Ils sont situés dans des grands crus du Médoc et établis sur une nappe alluviale gravelo-sableuse d'âge quaternaire (terrasse a^{lb} de la carte géologique, correspondant à une partie de la « nappe alluviale interne » de FABRE). Cette nappe gravelo-sableuse repose sur un soubassement d'argiles et de calcaires tertiaires (FABRE, 1939).

Les sols A et B se trouvent sur une même croupe de la région de Margaux (commune de Cantenac). Le sol A est situé près du sommet de la croupe à une altitude de 18 mètres ; le soubassement tertiaire est à une profondeur de 11 mètres ; des racines ont été identifiées avec certitude jusqu'à — 400 cm mais il est vraisemblable qu'elles atteignent une profondeur de — 500 cm. Le sol B se trouve à proximité du sol A, à une altitude de 15 mètres ; le soubassement tertiaire est à une profondeur de 7,9 mètres ; des racines ont été identifiées jusqu'à — 270 cm. Ces deux sols, relativement homogènes sur toute leur hauteur, sont caractérisés par leur enracinement profond et leur texture grossière. Ils sont pauvres en matière organique. Leur capacité totale d'échange est extrêmement faible ; malgré cela, le complexe absorbant n'est pas saturé et la réaction du sol est très acide (pH voisins de 5). En ce qui concerne les éléments nutritifs, on peut noter leur pauvreté en azote, en calcium et en magnésium ainsi qu'un antagonisme potassium-magnésium se traduisant par une carence magnésienne. Par contre, ils sont bien pourvus en acide phosphorique dans les 100 premiers centimètres.

Le sol C est situé sur la même croupe que A et B mais dans sa partie la plus basse (altitude = 13 mètres), en bordure d'une petite jalle ; des racines ont été identifiées jusqu'à — 100 cm. Le sol D est situé sur la croupe de Saint-Julien, à une altitude de 17 mètres ; le soubassement tertiaire est à une profondeur de 7,5 mètres ; des racines ont été identifiées jusqu'à — 160 cm ; l'étude de ce sol n'a été entreprise qu'à partir de 1967. Ces deux sols sont caractérisés par un enracinement beaucoup plus superficiel et par une texture un peu moins grossière qu'en A et B. Ce sont des sols proches de la neutralité, assez bien pourvus en azote et en acide phosphorique et où les cations échangeables, en quantité suffisante, présentent une bonne répartition. L'alimentation minérale de la vigne se fait dans des conditions assez satisfaisantes : les ceps (Merlot noir) sont vigoureux et les rendements beaucoup plus importants qu'en A et B.

On trouvera les tableaux analytiques correspondant aux principaux caractères pysiques et chimiques de ces sols dans l'article déjà cité. (SEGUIN, 1969).

2 — **Alimentation en eau de la vigne**

En ce qui concerne l'alimentation en eau de la vigne dans ces sols, nous avons expliqué et précisé en plusieurs occasions (SEGUIN, 1965, 1967, 1969, 1970) son mécanisme saisonnier. Jusqu'au début du mois d'août, la nappe phréatique peut contribuer à l'alimentation hydrique de

la vigne par l'eau qu'elle laisse dans le sol au fur et à mesure qu'elle s'abaisse ou, plus directement, par l'intermédiaire de sa frange capillaire ; à partir du mois d'août, l'abaissement de la nappe phréatique n'est plus compensé par une poussée correspondante des radicelles dont la croissance est alors pratiquement arrêtée : l'alimentation en eau de la vigne se fait uniquement à partir des réserves du sol plus ou moins réapprovisionnées par les pluies.

On notera que ces sols présentent une forte perméabilité qui, entre autres choses, limite les dégâts occasionnés par la pourriture grise lorsque l'été est caractérisé par une pluviosité excessive.

3 — **Evapotranspiration réelle et potentielle**

En raison de l'importance de ces notions qui sont absolument indispensables pour bien comprendre l'alimentation en eau des végétaux et ses conséquences sur la production, nous allons les rappeler brièvement.

L'évapotranspiration réelle (ETR) correspond aux quantités d'eau que le sol (par évaporation) et les plantes (par transpiration) cèdent à l'atmosphère par unité de temps. L'évaporation directe par le sol est relativement peu importante par rapport à la transpiration des végétaux. L'ETR dépend bien entendu des quantités d'eau disponibles dans le sol et de l'énergie avec laquelle cette eau est retenue (potentiel capillaire) mais également de toutes les résistances s'opposant au passage de l'eau du sol jusqu'à l'atmosphère, notamment aux niveaux de passage sol-racines (surfaces absorbantes) et feuilles-air (surfaces évaporantes). Les possibilités de transpiration d'une culture donnée, en un lieu et à un moment déterminés, sont donc limitées par ces niveaux de résistance même si la teneur en eau du sol est optimale (voisine de la capacité au champ). On définit alors une ETR maximale qui correspond au débit q. maximum que le sol et les plantes sont capables d'assurer.

L'évapotranspiration potentielle (ETP) ou « demande climatique » correspond à la mesure de l'évapotranspiration maximale, sous un climat donné, d'une **culture largement alimenté en eau** (humidité du sol voisine de la capacité au champ) et **couvrant abondamment le sol** (pour qu'il n'y ait pas de limitation aux niveaux de passage sol-racines et feuilles-air). La valeur de l'ETP est pratiquement indépendante des variétés végétales et du sol, si celui-ci reste à la capacité au champ : elle dépend surtout des conditions climatiques. L'ETR ne peut être qu'inférieure ou au plus égale à l'ETP (I.N.R.A., 1964).

Pour maintenir la turgescence cellulaire, l'eau absorbée par la plante doit être égale à l'eau transpirée. Si le sol et la plante sont capables d'assurer le débit défini par l'ETP, la turgescence cellulaire est maintenue et les stomates restent ouverts. Mais cette éventualité n'est pas toujours réalisée même si l'eau se trouve en quantité suffisante dans le sol (à cause des niveaux de résistance déjà cités). Lorsqu'il existe un déséquilibre entre l'« offre » et la « demande », la turgescence diminue et entraîne chez les feuilles une régulation stomatique (les stomates se ferment plus ou moins) qui isole la plante du milieu extérieur et lui permet de conserver un taux d'humidité compatible avec la vie. Mais il s'ensuit une réduction des échanges gazeux, du gaz carbonique notamment, ce qui limite l'activité photosynthétique et par conséquent la production de matière sèche. Il faut souligner que ce déséquilibre hydrique se produit pendant les heures les plus chaudes (et aussi les plus lumineuses) de la journée, c'est-à-dire au moment où la photosynthèse pourrait être la plus active.

On comprend ainsi que les quantités d'eau évapotranspirées par une culture ne donnent aucune indication quant à la qualité de son alimentation en eau. La valeur la plus intéressante pour apprécier cette qualité est celle du déficit de l'ETR par rapport à l'ETP, ETP qui, pendant les mêmes périodes, peut varier énormément d'une région à l'autre.

L'ETR et l'ETP s'expriment, comme la pluviosité, en millimètres de hauteur d'eau.

L'ETR est déterminée à l'aide des profils hydriques et en tenant compte des chutes de pluies. L'humidimètre à neutrons qui permet de relever les profils hydriques est un appareil particulièrement intéressant car, entre autres qualités, il permet de déterminer l'humidité volumique du sol (volume d'eau contenu dans l'unité de volume du sol) et d'établir des bilans hydriques en millimètres de hauteur d'eau sans qu'il soit nécessaire de mesurer la densité apparente du sol.

L'ETP, faute d'installations encombrantes et difficiles à mettre en œuvre dans un vignoble (évapotranspiromètres), est déterminée par des formules de calcul plus ou moins complexes (THORNTHWAITE, TURC, BOUCHET) dans lesquelles la température joue un rôle primordial mais où entrent également en jeu et suivant les auteurs : l'énergie de la radiation solaire, la durée d'insolation, l'humidité relative de l'air ainsi que des facteurs liés à la latitude et à la saison(durée astronomique du jour, durée théorique d'insolation) etc. Nous avons utilisé ici

la formule de THORNTHWAITE pour laquelle il suffit de connaître la température moyenne de l'air (relevée directement dans les vignobles). Nous avons vérifié, à l'aide des données de la Station Météorologique de Bordeaux-Mérignac, que les valeurs de l'ETP obtenues par les formules de TURC et de THORNTHWAITE étaient, dans notre région et pendant les mois d'été, très proches l'une de l'autre.

II. — REGIME DE L'EAU AU COURS DE L'ETE 1970

1 — Conditions climatiques

En Gironde, les mois de mai et juin ont présenté des caractères assez voisins de la normale sauf en ce qui concerne la pluviosité (déficitaire en mai et excédentaire en juin). Par contre, le mois de juillet, assez frais mais bien ensoleillé, a été caractérisé par une pluviosité fortement déficitaire (déficit moyen de 73 p. 100 sur l'ensemble du département).

TABLEAU I

Conditions climatiques durant l'été 1970 (Cantenac)

Tm. Max = moyenne des températures maximales. — Tm. Min. = moyenne des températures minimales. — Tm. Moy. = températures moyennes.

Les températures (° C) ont été relevées sous abri à 2 mètres du sol.

Les jours de grande chaleur sont ceux où la température maximale a dépassé 30° C.

Les jours de pluie sont ceux où les précipitations ont dépassé 0,1 mm.

Les durées d'ensoleillement (moyennes en heures par jour) ont été relevées à la Station Météorologique de Bordeaux-Mérignac.

Périodes	Tm. Max	Tm. Min	Tm. Moy	Jours de grande chaleur	Pluies (mm)	Jours de pluie	Ensoleillement moyen
4-8/19- 8	25,5	13,2	19,35	2	33,7	3	6,8
19-8/24- 8	21,2	10,6	15,9	0	21,0	3	5,4
24-8/31- 8	26,2	14,4	20,3	2	17,7	2	7,3
31-8/ 7- 9	24,6	11,0	17,8	0	3,5	1	6,8
7-9/14- 9	22,6	11,0	16,8	1	24,0	2	6,6
14-9/21- 9	24,7	6,7	15,7	1	0	0	9,7
21-9/ 5-10	25,1	11,3	18,2	3	8,3	2	6,8
5-10/14-10	20,3	8,3	14,3	0	24,0	2	6,3

Pendant les mois d'août et septembre qui nous intéressent plus particulièrement, les températures et l'ensoleillement ont été, dans l'ensemble, légèrement supérieurs à la normale et cela grâce à un beau mois de septembre. La pluviosité, excédentaire en août (de 20 à 30 p. 100 en moyenne), a été plus faible que la normale en septembre (d'environ 40 p. 100). On trouvera, dans le tableau I, les valeurs moyennes des principaux éléments climatologiques (les dates limites des périodes sont celles où l'on a relevé les profils hydriques).

Si l'on compare ces valeurs avec celles relevées en 1966 et 1967 pendant la période de maturation du raisin (tableau II), on constate que les conditions climatiques de 1970, tout en restant bonnes, paraissent **a priori** avoir été moins favorables qu'en 1966 et 1967. En fait, ces valeurs moyennes sont le reflet, comme en 1966, d'une répartition assez uniforme alors qu'en 1967, des valeurs moyennes plus élevées des températures et de l'ensoleillement correspondaient à une période de très beau temps suivie de conditions climatiques médiocres.

TABLEAU II

Conditions climatiques moyennes, à Cantenac, de la demi-véraison au début des vendanges.

Périodes	Tm. Max	Tm. Min.	Tm. Moy.	Pluies (mm)	Ensoleillement moyen
17-8/27-9 1966	24,9	12,0	18,45	24,4	8,0
17-8/19-9 1967	25,0	11,0	18,0	42,2	7,7
19-8/21-9 1970	24,0	10,7	17,35	66,2	7,3

2 — **Profondeurs des nappes phréatiques**

Les profondeurs, par rapport à la surface du sol, des nappes phréatiques sont indiquées dans le tableau III. On notera, qu'au moment de la véraison, les nappes phréatiques étaient plus basses que les années précédentes à la même époque, cela étant une conséquence de la sécheresse de juillet.

ISVV

TABLEAU III

Profondeurs (en cm) des nappes phréatiques au cours de l'été 1970

Dates	25-6	4-8	19-8	24-8	31-8	7-9	14-9	21-9	5-10	14-10
A	517	570	583	588	592	596	600	606	615	616
B	288	324	332	334	337	340	341	344	352	352
D	163	241	280	298	314	328	337	348	365	371

3 — Humidité des sols à la demi-véraison

A cause des très faibles précipitations du mois de juillet, les sols étaient déjà fortement asséchés au début du mois d'août et, malgré une pluviosité importante du 4 au 19 août (plus de 30 mm), ils l'étaient encore au moment de la demi-véraison du raison comme on peut le voir dans le tableau IV.

TABLEAU IV

Humidité moyenne dans le premier mètre de sol au moment de la demi-véraison

Les résultats sont exprimés en humidité volumique pour cent.

Sols	A	B	C	D
17 -8- 1966	10,6	8,7	9,1	
17 -8- 1967	12,1	10,7	11,0	10,4
19 -8- 1970	10,1	8,2	10,1	7,9

En 1966, dans les sols A et B qui étaient déjà fortement asséchés, les humidités moyennes dans le premier mètre étaient, respectivement, supérieures de 5 p. 100 et 6 p. 100 à celles de 1970. Par contre, on a observé l'inverse dans le sol C.

En 1967, dans les sols A, B, C et D, les humidités moyennes dans le premier mètre étaient, respectivement, supérieures de 20 p. 100, 30 p. 100, 9 p. 100 et 32 p. 100 à celles de 1970.

Il faut ajouter que ces valeurs de l'humidité relevées lors de la véraison 1970 étaient très proches des plus faibles valeurs observées au cours des cinq dernières années (en fin de maturation 1966 : 9,8 p. 100 pour A, 8,1 p. 100 pour B ou en fin de maturation 1967 : 7,5 p. 100 pour D), ces humidités ne permettant qu'une très mauvaise alimentation en eau de la vigne.

On a déjà vu, que, durant la maturation du raisin, la nappe phréatique ne participe plus à l'alimentation en eau de la vigne et que celle-ci se fait essentiellement à partir des réserves du sol (« eau capillaire suspendue ») plus ou moins réapprovisionnées par les pluies. Or ces réserves étaient extrêmement faibles au moment de la véraison.

4 — **Evapotranspiration réelle**

On pouvait donc prévoir, dès la véraison, que l'évapotranspiration réelle allait dépendre, en très grande partie, des apports d'eau par les pluies.

En examinant les profils hydriques relevés, on constate qu'ils varient peu d'une semaine à l'autre et qu'ils sont pratiquement superposés (c'est la raison pour laquelle ils n'ont pas été représentés sur des schémas). Cela signifie que l'eau apportée par les pluies a été rapidement et totalement évapotranspirée tandis que les réserves du sol n'ont contribué que pour très peu à l'alimentation en eau de la vigne.

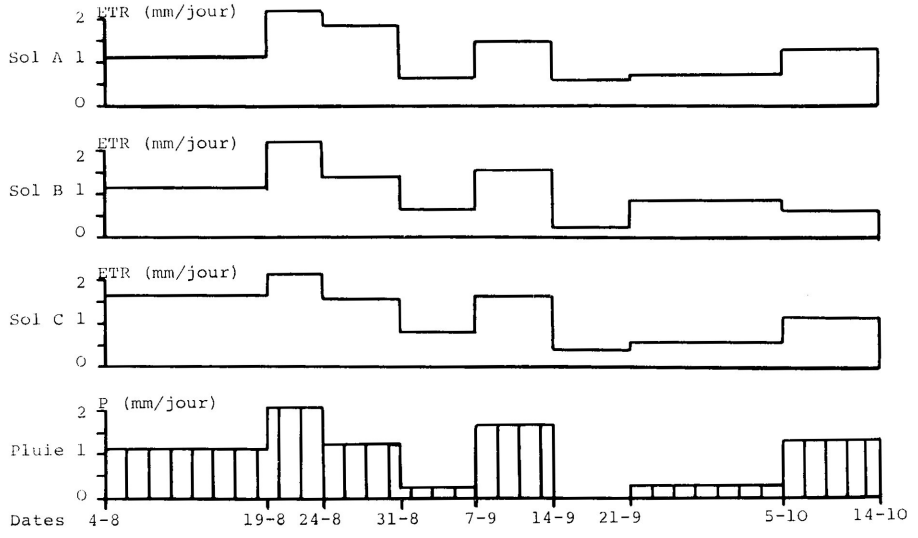


Fig. 1 - Evapotranspiration réelle (ETR) et pluviosité (P), à Cantenac, durant l'été 1970.

D'autre part, on observe un rapport très étroit entre la pluviosité et les valeurs de l'ETR mesurées sur les différents sols (figures 1 et 2).

Sur ces schémas, on a porté en ordonnées les valeurs moyennes (mm par jour) de la pluviosité et de l'ETR et, en abscisses, le nombre de jours ; la surface des rectangles successifs est donc proportionnelle aux quantités d'eau évapotranspirées ou apportées par les pluies.

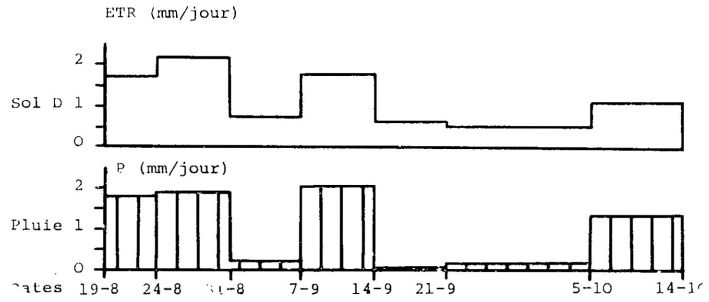


Fig. 2 - Evapotranspiration réelle (ETR) et pluviosité (P), à Saint-Julien, durant l'été 1970.

Lorsque la pluviosité est faible ou nulle, l'ETR est réduite (31 août au 7 septembre et 14 septembre au 5 octobre) car, dans ces sols asséchés où le potentiel capillaire est élevé, l'eau est retenue énergiquement. Dès que la pluviosité devient plus importante, l'eau est fixée dans les horizons superficiels où elle va rétablir une humidité voisine de la capacité au champ. Dans ces horizons, le potentiel capillaire diminue et l'eau peut être aisément absorbée par la vigne qui puise dans la réserve facilement utilisable (R.F.U.) : les valeurs de l'ETR sont alors plus élevées et peu différentes des valeurs de l'ETP.

Remarque : Dans la région bordelaise, les valeurs de l'ETP ne sont jamais très élevées : 3 à 4 mm par jour, en moyenne, pour les mois les plus chauds de l'année, avec des maxima journaliers ne dépassant que très rarement 5 mm. Lorsque l'humidité du sol est voisine de la capacité au champ, les surfaces absorbantes et évaporantes d'une culture de vigne sont suffisantes pour assurer un débit qui soit, d'une manière générale, assez peu inférieur à la « demande climatique ».

5 — **Alimentation en eau de la vigne**

Nous avons vu que la valeur la plus intéressante à considérer, de ce point de vue, était celle du déficit de l'ETR par rapport à l'ETP.

Or l'ETP, calculée par des formules, ne représente que des valeurs approchées. Par exemple, les formules de THORNTHWAITE et de TURC ne tiennent pas compte du vent qui augmente le pouvoir évaporant de l'air ; dans la formule de BOUCHET, le coefficient $\alpha = 0{,}37$ peut varier pour la région toulousaine, de 0,3 à 0,6 entre avril et octobre (MARTY, 1970). Par suite de l'imprécision de ces formules, il peut donc arriver (ce fut le cas en 1970 pendant de courtes périodes) que les valeurs mesurées de l'ETR dépassent les valeurs calculées de l'ETP.

On trouvera dans le tableau V les résultats obtenus en 1970.

TABLEAU V

Evapotranspiration potentielle, évapotranspiration réelle et déficit ETP-ETR durant l'été 1970

L'ETP a été calculée par la formule de THORNTHWAITE. d = déficit de l'ETR par rapport à l'ETP.

Tous les résultats sont exprimés en millimètres par jour.

Périodes		4-8/19-8	19-8/7-9	7-9/21-9	21-9/14-10
E T P		3,7	3,2	2,6	2,5
E T R	A	2,2	3,0	2,1	1,8
	B	2,3	2,7	1,7	1,5
	C	3,3	2,9	2,0	1,6
	D		3,0	2,4	1,5
d	A	1,5	0,2	0,5	0,7
	B	1,4	0,5	0,9	1,0
	C	0,4	0,3	0,6	0,9
	D		0,2	0,2	1,0

On voit, que, dans l'ensemble et sur des périodes couvrant au moins deux semaines, les déficits ETP - ETR ont été relativement peu élevés étant donné l'état de sécheresse des profils dès le début du mois d'août. En effet, les pluies assez abondantes et régulièrement réparties, ont couvert 82 p. 100 (A), 92 p. 100 (B), et 78 p. 100 (C) des quantités d'eau évapotranspirées du 4 août au 14 octobre (84 p. 100 pour D du 19 août au 14 octobre).

Si l'on ne considère que la durée de maturation du raisin (19 août au 21 septembre) on a vu (fig. 1 et 2) qu'elle a été caractérisée par des alternances de très bonne alimentation en eau de la vigne (19 au 31 août et 7 au 14 septembre) et de périodes où cette alimentation en eau a été déficitaire (31 août au 7 septembre et 14 au 21 septembre). En scindant la période de maturation du raisin en deux (tableau V), comme nous l'avions déjà fait en 1966 et 1967, on constate que, globalement, l'alimentation en eau de la vigne a été très bonne au début mais un peu moins satisfaisante par la suite (à l'exception du sol D où elle a toujours été excellente). Il faut, ici encore, souligner le rôle important de la pluviosité qui a couvert 77 p. 100 (A), 88 p. 100 (B), 80 p. 100 (C) et 86 p. 100 (D) des quantités d'eau évapotranspirées du 19 août au 21 septembre. En 1967, l'alimentation en eau de la vigne avait été moins bonne au début (17 août au 5 septembre) mais meilleure en fin de maturation (5 au 19 septembre) tandis qu'elle avait été toujours moins bonne, et de beaucoup, en 1966 (sols asséchés au moment de la véraison et pluviosité insuffisante par la suite).

Remarque : lorsqu'on dit que l'alimentation en eau de la vigne a été bonne ou mauvaise, on se place du point de vue de la plante. Cela ne signifie pas qu'il en a été de même de la qualité des vins.

6 — Alimentation en eau et arrêt de la végétation de la vigne

Dans une partie de sa thèse, BOUARD (1966) a étudié l'influence de l'accumulation des glucides dans les racines sur l'arrêt de la végétation de la vigne : « L'une des conséquences de l'accumulation des glucides dans les racines semble bien être la diminution concomitante de leur pouvoir d'absorption (pour l'eau) qui finit par devenir très faible et s'annuler. Tant qu'il existe un feuillage plus ou moins fonctionnel, il se produit toujours une certaine aspiration forcée qui disparaît dès la chute des feuilles et se traduit rapidement par l'apparition de la « dépression automnale » observée depuis longtemps et mise à profit pour le traitement de certaines maladies. On peut penser que cet arrêt d'absorption par les racines est le phénomène interne, général et inéluctable qui entraîne l'arrêt de la végétation de la vigne, dont la date diffère suivant l'année et la région ». Dans la mesure où « l'arrêt général de la végétation peut difficilement être attribué à une diminution de la durée de la photopériode », cette interprétation est particulièrement intéressante.

Par suite de conditions climatiques plus favorables en 1970 que les années précédentes (précipitations de fin septembre et début octobre

insuffisantes pour atteindre et faire remonter les nappes phréatiques), l'étude de l'alimentation eau de la vigne a pu être poursuivie, sur le terrain, bien au-delà du début des vendanges. On pensait donc pouvoir préciser le moment à partir duquel s'amorce la diminution d'absorption de l'eau par les racines. Si l'on considère les valeurs de l'ETR (tableau V), on constate qu'elles diminuent progressivement dans le temps. C'est un phénomène que l'on observe tous les ans mais qui est tout à fait normal et peut s'expliquer indépendemment d'une diminution du pouvoir d'absorption des racines. D'une manière générale, la « demande climatique » (ETP) qui est liée en grande partie aux températures, diminue progressivement du mois d'août au mois d'octobre.

Si l'on considère, non plus le tableau V mais les figures 1 et 2 qui sont plus détaillées, on voit que l'ETR ne diminue pas progressivement mais subit des fluctuations importantes liées aux conditions climatiques et qu'elle est encore élevée du 5 au 14 octobre.

Bien que cette étude n'ait pas été poursuivie assez longtemps, on peut néanmoins déceler une « diminution du pouvoir d'absorption des racines » dans le sol B ; ce sol ne répond plus à la pluviosité du 5 au 14 octobre alors que l'essentiel des précipitations (18 mm), pendant cette période, s'était produit dès le 6 octobre.

On peut donc constater que, sur les sols étudiés, cette diminution du pouvoir d'absorption des racines est assez tardive et, qu'en 1970, pour l'un des sols, elle semble s'amorcer seulement au début du mois d'octobre.

III. — MATURATION DU RAISIN (MERLOT NOIR) en 1970

1 — Production de sucres.

L'insuffisance de l'alimentation en eau de la vigne, au cours de la semaine précédant le début des vendanges (fig. 1 et 2), s'est traduite par une légère diminution du poids moyen des grains (tableau VI), diminution que l'on constate pour les quatre points étudiés (et qui a été encore plus précoce en A sans qu'il soit possible de l'expliquer d'une manière satisfaisante).

Ce phénomène qui est dû à une perte d'eau par transpiration est bien connu (RIBÉREAU-GAYON et PEYNAUD, 1960) ; il a pour conséquence une concentration des sucres dont la teneur dans les jus de raisins augmente notablement au cours des derniers jours précédant les vendanges :

TABLEAU VI

Evolution de la maturation du raisin (Merlot noir) en 1970.

La demi-véraison s'est située vers le 19 août. Pour les sols A et B, les dates de prélèvements sont celles où les profils hydriques ont été relevés tandis que pour les sols C et D, elles ont été plus tardives de deux jours.

Sols	Dates	Poids de 1.000 grains (g)	Sucres (g/l)	Acidité (meq/l)	Acide tartrique (meq/l)	Acide malique (meq/l)	Alcalinité des cendres (meq/l)
A	24 — 8	896	124	250	134	156	43
	31 — 8	1270	152	160	128	70	41
	7 — 9	1210	184	120	114	44	43
	14 — 9	1120	198	103	106	35	43
	21 — 9	1100	214	97	105	30	43
B	24 — 8	1040	120	256	151	144	42
	31 — 8	1180	150	162	133	65	40
	7 — 9	1230	188	120	117	42	42
	14 — 9	1320	194	104	105	35	41
	21 — 9	1280	211	99	103	32	40
C	19 — 8	632	80	348	168	215	41
	26 — 8	741	115	240	153	127	41
	2 — 9	900	139	152	133	55	38
	9 — 9	903	162	118	117	36	39
	16 — 9	940	173	96	110	28	39,5
	21 — 9	900	193	98	110	28	40,5
D	19 — 8	840	81	348	164	225	45
	26 — 8	1028	117	246	151	134	42
	2 — 9	1220	151	172	132	75	39
	9 — 9	1303	172	130	115	50	40
	16 — 9	1376	188	112	104	45	41
	21 — 9	1277	194	114	106	43	40
	25 — 9	1240	210	110	116	36	45

2,3 (A), 2,4 (B), 4,0 (C) et 2,4 (D) grammes par litre et par jour. Cette augmentation avait été plus faible pendant la semaine précédente (7 au 14 ou 9 au 16 septembre) caractérisée, il est vrai, par un moins bon ensoleillement (tableau I). D'une manière générale, les teneurs en sucres des moûts ont été légèrement plus élevées qu'en 1966 et 1967 (5 à 7 g par litre, ou sensiblement équivalentes (C et D en 1967).

Si, dans les grands crus médocains, la richesse en sucres des moûts varie peu d'une année à l'autre, les rendements (et par conséquent la production globale de sucres à l'hectare) dépendent beaucoup de l'alimentation en eau de la vigne durant la maturation du raisin. En 1970, comme en 1967, cette alimentation en eau a été, dans l'ensemble, satisfaisante sur les quatre sols étudiés : au cours de ces deux années, les rendements ont été élevés et de beaucoup supérieurs à ceux de 1966 où la mauvaise alimentation en eau avait été un facteur partiellement limitant (SEGUIN, 1969, 1970). Par rapport à 1967, la production a été un peu plus forte en 1970 ce qui peut s'expliquer par des conditions de températures mais surtout d'ensoleillement plus favorables pendant la dernière quinzaine précédant les vendanges (en 1970, les températures moyennes ont été de 16,2° C contre 14,8° C en 1967 et l'ensoleillement moyen de 8,2 heures par jour contre 6,5 en 1967).

2 — **Acidité.**

De la véraison aux vendanges, l'acidité des jus de raisins diminue rapidement par dilution (augmentation du volume des grains), par disparition d'une partie des acides organiques (surtout par combustion respiratoire) et enfin par neutralisation partielle des fonctions acides (migrations de bases vers le raisin) (RIBÉREAU-GAYON et PEYNAUD, 1960).

Si, en fin de maturation 1970, la perte d'eau des baies a permis une augmentation de la teneur en sucres des jus de raisins, elle a eu également une influence sur leur acidité ; mais, comme les acides organiques ont continué à être dégradés par combustion respiratoire, leur concentration n'a pas abouti à une augmentation d'acidité. Du 14 (ou 16) au 21 septembre, la teneur en acide tartrique n'a pratiquement pas varié (0 à ± 2 méq. par litre) tandis que la diminution de l'acide malique, acide qui se dégrade facilement, a été un peu plus importante (0 à 5 méq. par litre). L' acidité totale des jus de raisins n'a guère évolué sur les sols C et D (augmentation de 2 méq. par litre) tandis que sa diminution sur les sols A (6 méq. par litre) et B (5 méq. par litre) correspond à la diminution globale de l'acide tartrique et de l'acide malique (on notera que l'alcalinité

des cendres n'a pratiquement pas varié). En définitive, l'acidité totale des moûts a été légèrement plus élevée qu'en 1966 et 1967.

Il est intéressant de considérer isolément les deux principaux acides organiques du raisin.

Il a été montré dans des cas précis (COMPAGNON, 1970 ; SEGUIN, 1970) que, durant la période de maturation, les apports d'acide tartrique au raisin sont liés à l'évapotranspiration réelle. Une interprétation vraisemblable de ce phénomène est que l'acide tartrique accumulé dans les racines pourrait être « véhiculé » jusqu'au raisin par la circulation ascendante de l'eau. Cela ne signifie pas obligatoirement que les teneurs en acide tartrique des moûts soient plus élevées lorsque l'ETR a été importante au cours de la maturation du raisin. En effet, l'ETR est liée à l'ETP et la première ne peut être élevée que si la seconde l'est également. Or, une ETP élevée correspond à des périodes de fortes températures, périodes pendant lesquelles la dégradation des acides organiques par combustion respiratoire est importante ; aussi arrive-t-il souvent, dans ces conditions, que les dégradations l'emportent sur les apports (par exemple du 17 août au 5 septembre 1967). Les augmentations de la teneur en acide tartrique des jus de raisins apparaissent seulement, malgré le phénomène de dilution, lorsque les températures sont suffisamment basses pour limiter les pertes par combustion respiratoire (par exemple, du 5 au 19 septembre 1967 sur les sols A et B) (SEGUIN, 1970).

Le cas de l'acide malique est plus difficile à interpréter. Les dégradations par combustion respiratoire (il est moins stable que l'acide tartrique) et par transformation en glucides (RIBÉREAU-GAYON G., 1966) sont toujours supérieures aux apports. On a cependant constaté, en Médoc, que les raisins provenant de sols très humides sont riches en acide malique et, d'autre part, que les teneurs en acide malique des jus de raisins sont généralement élevées lorsque l'alimentation en eau de la vigne se fait dans de bonnes conditions (SEGUIN, 1970).

Malgré ces données générales, il est souvent difficile de déterminer la part qui revient à chacun des facteurs (évapotranspiration, températures, dilution par apport d'eau au raisin, etc...) dont les effets contradictoires sont plus ou moins imbriqués.

Si l'on examine d'une manière détaillée les quantités et les proportions relatives de l'acide tartrique et de l'acide malique dans les moûts au début des vendanges (tableau VII), on constate que :

TABLEAU VII

Acidité des moûts au début des vendanges.

Les durées de maturation (demi-véraison au début des vendanges) ont été semblables (35 jours en 1966, 36 jours en 1967 et 34 jours en 1970). Sur le sol D (en 1967 et 1970) les vendanges ont commencé 4 jours plus tard que sur les sols A, B et C.

Années	Sols	Acidité totale (meq/l)	Acide tartrique (meq/l)	Acide malique (meq/l)	Acide tartrique + acide malique (meq/l)	Aicde malique / Acide tartrique
1966	A	92	98	20	118	0,20
	B	92	98	20	118	0,20
	C	92	101	16	117	0,16
1967	A	93	96	37	133	0,39
	B	90	96	36	132	0,33
	C	95	96	35	131	0,36
	D	88	97	34	131	0,35
1970	A	97	105	30	135	0,29
	B	99	103	32	135	0,31
	C	98	110	28	138	0,25
	D	110	116	36	152	0,31

— en 1970, les teneurs en acide tartrique étaient plus élevées qu'en 1966 et 1967. Cela peut s'expliquer, en grande partie, par le phénomène de concentration dont nous avons déjà parlé mais peut également être mis en rapport avec les valeurs relativement élevées de l'ETR et avec les températures qui, en début de maturation, ont été très nettement inférieures à celles de 1967 (dès le 5 septembre 1967, les taux d'acide tartrique étaient déjà très bas ; ils ont même légèrement remonté par la suite en A et B).

— en 1970, les teneurs en acide malique étaient comprises entre celles de 1966 et de 1967 mais en étant plus proches de celles observées en 1967.

— pour une année déterminée (cela est également valable pour 1968 et 1969) la somme et le rapport de l'acide malique et de l'acide tartrique, exprimés en milliéquivalents par litre, varient peu d'un point à l'autre et peuvent être considérés, dans les cas étudiés, comme caractéristiques de l'année (avec cependant une exception pour le sol D en 1970 : la somme des acides est plus importante que pour A, B et C en raison de la forte teneur en acide tartrique ; nous expliquerons ce phénomène dans le paragraphe consacré à la pourriture grise).

La somme acide tartrique + acide malique est élevée lorsqu'on observe une bonne alimentation en eau de la vigne durant la maturation du raisin (les résultats obtenus en 1968 et 1969 le confirment également). Dans le cas de 1967 et 1970, années caractérisées toutes deux par une alimentation en eau satisfaisante, ces sommes sont du même ordre de grandeur.

On constate également, mais sans qu'il y ait une corrélation très étroite, que le rapport acide malique/acide tartrique est élevé lorsque l'alimentation en eau se fait dans de bonnes conditions. Bien que cette observation ait été vérifiée à plusieurs reprises, elle risque de ne pas être générale dans la mesure où l'acide malique se dégrade facilement lorsque les températures sont élevées.

3 — **Pourriture grise.**

On constate, **dans les conditions naturelles,** c'est-à-dire dans le vignoble, qu'un développement **important** de la pourriture grise ne se produit qu'après l'éclatement des grains. On a montré que, sur les sols gravelo-sableux du Médoc et des Graves, cet éclatement est lié à l'alimentation en eau de la vigne qui dépend elle-même de la profondeur d'enracinement

et de la perméabilité du sol (SEGUIN, 1969, 1970 ; SEGUIN et **al.**, 1969 ; SEGUIN et COMPAGNON, 1970).

En 1970, le pourcentage de grains pourris relevé au début des vendanges a été nul sur les sols B et C, négligeable sur le sol A (1,7 p. 100) mais a atteint 12,5 p. 100 sur le sol D. Pourtant, du 10 au 12 septembre inclus, les conditions d'humidité et, à un degré moindre, de températures ont été favorables au développement de **Botrytis cinerea** : pluviosité de 17 mm le 10 septembre et 7 mm le 12 septembre, humidité relative de l'air variant, selon les jours, de 85 à 95 p. 100 (moyennes de 12 relevés par jour), avec des maxima de 100 p. 100, températures de l'ordre de 15° C (moyennes de 12 relevés par jour) avec des maxima de 17 à 20° C. Or, sur les sols A, B et C, les raisins n'ont pratiquement pas éclaté (seulement 1,5 p. 100 sur le sol C le 16 septembre) et la pourriture ne s'est pas développée. Par contre, sur le sol D, on avait relevé, dès le 16 septembre, 2,0 p. 100 de grains pourris et 6,1 p. 100 de grains éclatés (mais non pourris) et, bien que par la suite les conditions d'humidité n'aient plus été aussi favorables, la pourriture s'est développée sur les grains éclatés pour atteindre un taux de 8,3 p. 100 le 21 septembre et de 12,5 p. 100 le 25 septembre.

On a déjà vu (tableau V) qu'en fin de maturation, l'alimentation en eau de la vigne avait été excellente sur le sol D. On peut constater également, en comparant les figures 1 et 2, que du 7 au 14 septembre, l'ETR a été plus élevée sur le sol D (0,5 à 0,6 mm par jour de plus que sur les sols A, B et C). Durant cette semaine, les précipitations ont été un peu plus importantes à Saint Julien (28,75 mm) qu'à Cantenac (24,0 mm) mais le front d'humectation par la pluie n'a pas atteint la profondeur de 100 cm. Or, le sol D possède un enracinement assez superficiel (160 cm) et la presque totalité (97 p. 100) de l'eau évapotranspirée a été puisée dans le premier mètre de sol. On comprend ainsi que l'ETR ait été élevée et que l'éclatement des grains, puis leur attaque par la pourriture grise, se soient produits essentiellement sur le sol D.

Remarque : Sur le sol D, les vendanges n'ont commencé que le 25 septembre. Or, du 21 au 25 septembre, les températures ont été très élevées (moyenne des températures maximales = 29° 5). Les pertes d'eau ont été encore accentuées par l'évaporation directe à travers les plaies des grains éclatés si bien que l'on a observé, dans le jus de raisins, (grâce au phénomène de concentration mais également aux apports qui continuaient), une augmentation notable de l'alcalinité des cendres (1,25 méq. par litre par jour), de la teneur en sucres (4 g par litre et par jour) et en

acide tartrique (2,5 méq. par litre et par jour) tandis que l'acide malique diminuait, malgré le phénomène de concentration, par suite d'une combustion respiratoire intense.

CONCLUSIONS

L'été 1970 a été caractérisé par une extrême sécheresse des sols dès le début du mois d'août. A la différence de 1966 où l'on avait observé, mais à un degré moindre, un phénomène semblable, des pluies abondantes mais non excessives et surtout assez régulièrement réparties ont assuré, pour 80 p. 100 environ, les quantités d'eau évapotranspirées et permis, dans l'ensemble, une bonne alimentation en eau de la vigne durant la maturation du raisin. On comprend ainsi que les rendements aient été élevés et la production de sucres importante.

La semaine précédant le début des vendanges a été caractérisée par sa sécheresse et par une alimentation en eau de la vigne déficitaire. Cela s'est traduit par un phénomène de concentration qui a augmenté la teneur en sucres des moûts. Ce phénomène a également joué sur les acides mais davantage sur l'acide tartrique que sur l'acide malique, celui-ci se dégradant plus facilement par combustion respiratoire. En définitive, l'acidité totale a très peu diminué au cours des derniers jours précédant les vendanges et les moûts ont été un peu plus acides que de coutume. Ce supplément d'acidité provenait surtout de l'acide tartrique dont les apports au raisin ont été favorisés par une ETR relativement importante tandis que sa dégradation était ralentie en raison de températures assez basses si on les compare à celles de 1966 et 1967.

En 1970, les moûts ont donc été à la fois plus riches en sucres et en acidité mais leur constitution a conservé un bon équilibre : les rapports sucres/acidité ont été tout à fait semblables à ceux que l'on observe pour les bons millésimes (1966 et 1967 par exemple).

La pourriture grise qui a été présentée, ces derniers temps, comme un fléau nouveau et presque inéluctable n'a pas fait de dégâts en 1970, même sur le Merlot noir. Elle s'est développée seulement sur l'un des sols étudiés, celui où l'alimentation en eau de la vigne a favorisé l'éclatement des grains.

Si une certaine sécheresse du sol semble favorable à une bonne maturation du raisin, il faut cependant qu'elle reste compatible avec la survie de la vigne. L'état hydrique des profils, dès la fin de juillet, aurait

pu faire craindre le pire si les mois d'août et septembre avaient été caractérisés par une aridité excessive ; mais une pluviosité que l'on pourrait presque qualifier d'idéale, étant donné les circonstances, a permis de récolter un raisin abondant et d'excellente qualité. En définitive, 1970 sera très certainement un grand millésime et l'on peut se demander si, exceptionnellement, certaines années, il ne serait pas utile de suppléer une pluviosité déficiente par la pratique, même pendant la période de maturation du raisin, d'irrigations **modérées et contrôlées** (des relevés de profils hydriques sur quelques points minutieusement choisis dans l'ensemble du vignoble, permettraient de déterminer les doses indispensables d'irrigation).

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BOUARD J., 1966. **Recherches physiologiques sur la vigne et en particulier sur l'aoûtement des sarments. 344 p.** Thèse de Doctorat ès-Sciences Naturelles, Bordeaux.

Bulletin climatologique mensuel de la Gironde. — Commission météorologique départementale de la Gironde, Bordeaux.

COMPAGNON J., 1970. **Alimentation en eau de la vigne dans quelques sols des Graves. Influence sur le raisin.** Thèse de Doctorat de 3e cycle, Bordeaux.

FABRE A., 1939. **Les terrains de revêtements du Médoc,** 346 p. Drouillard, Impr., Bordeaux.

I.N.R.A., 1964. **L'eau et la production végétale**, 455 p., Institut National de la Recherche Agronomique, Paris.

MARTY J.R., 1970. Les méthodes d'évaluation du bilan de l'eau en agriculture. **Bull. AFES, 1,** 31-40.

PUECH J., 1967. Estimation de l'ETP dans des micro-climats provoqués par diverses expositions au vent. **C.R. Acad. Agr. 53,** 134-141.

RIBÉREAU-GAYON J. et PEYNAUD, E., 1960. **Traité d'Œnologie,** 1818 p., 2 tomes, Béranger, Paris.

RIBÉREAU-GAYON G., 1966. **Etude du métabolisme des glucides, des acides organiques et des acides aminés chez Vitis viniféra L.,** 148 p., Thèse de Doctorat ès-Sciences Physiques, I.N.R.A. Paris.

SEGUIN G., 1965. **Etude de quelques profils de sols du vignoble bordelais**, 107 p. Thèse de Doctorat de 3e cycle, Bordeaux.

SEGUIN G., 1967. Alimentation en eau de la vigne dans des sols de la région de Margaux (Médoc). Premiers résultats. **C.R. Acad. Agr., 53,** 332-338.

SEGUIN G., 1969. L'alimentation en eau de la vigne dans les sols du Haut-Médoc. **Conn. Vigne Vin, 2**, 93-141.

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.** 141 p. Thèse de Doctorat ès-Sciences Naturelles, Bordeaux.

SEGUIN G., COMPAGNON J. et RIBÉREAU-GAYON J., 1969. Le développement de **Botrytis cinerea** sur **Vitis vinifera** en fonction de la profondeur d'enracinement et du régime de l'eau dans le sol. **C.R. Acad. Sci., 269 D**, 770-772.

SEGUIN G. et COMPAGNON J., 1970. Une cause du développement de la pourriture grise sur les sols gravelo-sableux du vignoble bordelais. **Conn. Vigne Vin, 2,** 203-214.