Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin, 1991, **25**, N° 4, 179-202

CARACTÉRISATION DES TERROIRS VITICOLES DE LA MOYENNE VALLÉE DE LA LOIRE. PARCELLES EXPÉRIMENTALES, CLIMAT, SOLS ET ALIMENTATION EN EAU DE LA VIGNE (*)

Frédérique JOURJON* et ***, R. MORLAT* et G. SEGUIN**

*Unité de Recherche sur la Vigne et le Vin,
Centre de Recherches INRA d'Angers, Beaucouzé, 49000 Angers (France)
**Institut d'Œnologie de Bordeaux, Université de Bordeaux II,
351, Cours de la Libération, 33405 Talence cédex (France)
***Ecole Supérieure d'Agriculture d'Angers, 55 Rue Rabelais, 49000 Angers (France)

Résumé : *Un travail de caractérisation des terroirs viticoles de la Moyenne Vallée de la Loire a été entrepris par l'INRA (U.R.V.V. d'Angers).*

Dans le cadre d'un Doctorat, sept parcelles expérimentales représentatives de l'ensemble des séquences écogéopédologiques rencontrées dans le vignoble du Val de Loire, ont été étudiées au cours des années 1984, 1985 et 1986 (JOURJON, 1990).

Dans cette première publication, sont présentés les mésoclimats, les sols et les conditions d'alimentation en eau de quatre parcelles; des différences significatives et répétitives sont observées entre les parcelles étudiées.

Au terme de cette première partie, il est possible d'établir un classement des terroirs étudiés, reposant sur les principaux éléments écogéopédologiques observés et leurs potentialités viticoles.

INTRODUCTION

L'influence du terroir sur la qualité des vins est connue depuis longtemps. Parmi les principaux paramètres qui interviennent, on peut retenir : les facteurs climatiques, les facteurs édaphiques et topographiques imposés par le milieu naturel; les facteurs biotiques, dépendant essentiellement des interventions humaines.

De nombreux travaux ont été réalisés et apportent des éléments d'explication concernant l'influence de différents paramètres; on peut citer, entre autres, ceux de : BRANAS et

(*)Cette publication est un résumé de la première partie d'une thèse de Doctorat en Œnologie - Ampélologie soutenue à l'Université de Bordeaux le 29 octobre 1990.

al. (1946); POUGET (1978) sur la nature du cépage; TREIB (1967) sur la nature du porte-greffe; BRANAS (1980) sur la nature minéralogique du sol, WILLIAMS (1946); PEYNAUD (1972) sur la nutrition azotée, RIBÉREAU GAYON et PEYNAUD (1960); SIVTZEV et TUTUNNICK (1966); POUX et AUBERT (1968); RIBÉREAU-GAYON (1972) sur les conditions climatiques; COMPAGNON (1970); SEGUIN (1970); MERIAUX et *al.* (1974, 1979); DUTEAU (1976); PUCHEU-PLANTE (1977); BOURZEIX (1977) sur l'alimentation en eau de la vigne, CARBONNEAU (1980) sur le système de conduite....

Malgré ces nombreuses études, les relations existant entre les facteurs naturels et la qualité du vin ne sont pas encore entièrement élucidées. La principale raison vient de l'interaction complexe de ces facteurs : la plupart des travaux réalisés concernent, le plus souvent, l'étude d'un seul d'entre eux. Il était donc intéressant de mener une étude globale en milieu naturel, afin d'essayer de définir et de hiérarchiser l'influence des principaux paramètres du milieu sur la qualité et la typicité des vins.

Ces travaux se sont inscrits dans le cadre d'une expérimentation mise en place par l'INRA (URVV d'Angers) (SALETTE et *al.* 1980), dans le vignoble rouge de la Moyenne Vallée de la Loire (appellations Saumur - Champigny, Chinon, Bourgueil).

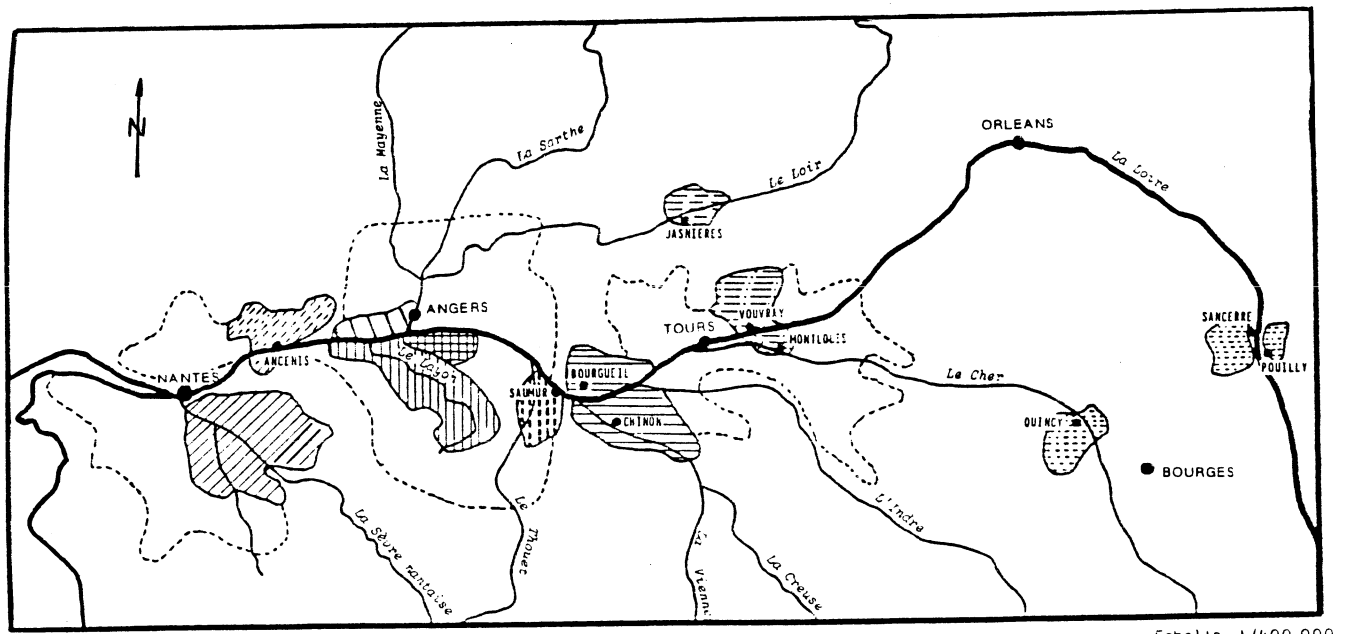
L'étude s'est appuyée sur l'observation répétée de différences de «qualité » des raisins selon les terroirs, au moment des vendanges, différences retrouvées dans les vins. L'objectif du travail consiste à essayer d'expliquer la part des principaux facteurs du milieu dans leur influence conjointe sur la qualité du vin. Pour cela, sept parcelles expérimentales appartenant à des milieux différents ont été suivies pendant les années 1984, 1985 et 1986.

L'objet de cette première publication sera de caractériser les milieux étudiés par l'appréciation des facteurs naturels : sol, enracinement, climat et alimentation en eau lors des trois années.

Le développement de la vigne dans les divers terroirs, la maturation du raisin et la qualité du vin produit seront présentés dans une deuxième publication. L'ultime étape sera une hiérarchisation des facteurs étudiés afin de pouvoir, dans un terroir donné, déterminer et modifier le ou les facteurs défavorables du milieu pour l'obtention d'un vin de qualité. Dans cette région, où les conditions climatiques limitantes n'autorisent pas une production homogène, les retombées d'une telle étude peuvent être multiples : meilleure adaptation du cépage au milieu par des plantations mieux délimitées, adaptation de techniques à mettre en oeuvre au vignoble et au chai de vinification grâce à une meilleure connaissance de la typicité du vin issu d'un terroir déterminé.

LE VIGNOBLE

L'étude a été effectuée dans la Moyenne Vallée de la Loire et porte sur les vignobles de Saumur-Champigny, Bourgueil et Chinon (carte 1). Cette région se situe relativement près de la limite septentrionale d'extension de la vigne pour la production de vins rouges;



Echelle 1/400.000

Carte 1 — Vignobles ligériens (d'après MORLAT, 1975)

- Muscadet Sèvre & Maine
- Côteaux d'Ancenis
- Côteaux de la Loire
- Saumur
- Côteaux de l'Aubance
- Appellation courante (Touraine, Anjou, Muscadet, Côteaux de la Loire)
- Côteaux du Layon
- Vignobles Oner-Nièvre
- Vouvray
- Côteaux du Loir
- Bourgueil-Chinon

les meilleurs secteurs viticoles correspondent donc en tout premier lieu à des situations climatiques favorables au développement de la vigne. Le vignoble est établi sur un ensemble de sols très variés, dérivés de formations géologiques diverses où la vigne rencontre une large gamme de conditions de fonctionnement.

I — FORMATIONS GÉOLOGIQUES ET PÉDOLOGIQUES

La Moyenne Vallée de la Loire est le point de contact de trois régions : les massifs vendéen et armoricain, le seuil du Poitou, la Touraine.

Par ce manque d'homogénéité naturelle, la région possède des formations très variées appartenant à plusieurs époques géologiques et présentant une grande diversité de faciès. La très grande hétérogénéité des sols tient à deux causes principales : un éventail important des faciès du crétacé et du tertiaire, une topographie relativement tourmentée.

A — *GÉOLOGIE*

1°) Formations du crétacé

Elles sont bien développées dans le Saumurois et sont représentées par :

- deux étages du Néocomien : le Cénomanien (argiles sableuses, glauconieuses, sables quartzo-micacés, marnes à huîtres) et le Turonien (craie micacée sablo-glauconieuse appelée craie tuffeau, sur laquelle le vignoble est particulièrement développé, sables quartzo-micacés et calcaires, sables faluniers);

- le Sénonien : sables avec noyaux gréseux, argiles sableuses, niveaux riches en spongiaires.

2°) Formations tertiaires (Eocène supérieur).

Elles sont représentées par des sables et argiles sableuses, des grès à sabalites, les calcaires lacustres du plateau de Champigny.

3°) Formations quaternaires

Trois ensembles peuvent être séparés :

- les formations alluviales : terrasses constituées par des dépôts sableux ou sablo-caillouteux dans les vallées de la Loire, de la Vienne et du Thouet;

- les colluvions de pente : dépôts sableux ou sableux-argileux;

- les recouvrements sableux et limoneux des plateaux : forêts de Chinon, Fontevrault et vignoble du plateau de Montsoreau.

B — *TOPOGRAPHIE*

La région de Saumur est établie sur des dépôts secondaires et tertiaires qui ont été entaillés

par l'érosion des rivières pendant le creusement de leur vallée. Ils forment des buttes et des côteaux, crayeux sur les pentes, surmontés de sables et parfois de calcaire lacustre. Le vignoble se distribue donc dans une région qui présente deux secteurs topographiques différents : une zone de buttes de faible altitude (inférieure à 70 m) et une zone constituée par un plateau plus élevé (pouvant atteindre 100 m), au voisinage de la Loire.

La Touraine repose entièrement sur un socle calcaire d'origine secondaire : le Turonien; cet immense affleurement de craie est recouvert de sables tertiaires d'origine granitique, parfois mélangés d'argiles à silex provenant de la décarbonatation de la craie.

II — CADRE CLIMATIQUE

Le climat est tempéré sous la double influence de l'Océan Atlantique et de la Loire. Il est doux (moyenne annuelle 11,4°C à Angers) et modérément humide (environ 600 mm/an à Angers), avec des printemps souvent précoces et des étés prolongés; les exigences thermiques correspondant au cycle végétatif de la vigne y sont satisfaites.

Les pluies sont régulièrement réparties tout au long de l'année, mais avec une saison plutôt sèche de février à avril et une sub-sécheresse de juin à août, ce qui constitue un trait caractéristique du climat angevin; la saison pluvieuse principale s'étale d'octobre à janvier (figure 1).

L'insolation est de 1.900 heures annuelles environ; par comparaison, elle est de 2.069 heures annuelles à Bordeaux.

La région est donc soumise à un climat océanique atténué, plutôt favorable à la viticulture. Mais la limite septentrionale de la culture de la vigne pour l'élaboration des vins rouges est proche et de faibles variations de facteurs climatiques (ou autres), en particulier au début du cycle végétatif et pendant la période de maturation du raisin, peuvent influer sur la qualité du vin.

DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL

I — MÉTHODOLOGIE, NOTION DE SÉQUENCE ÉCOGÉOPEDOLOGIQUE

La grande diversité des sols rencontrés dans le vignoble de la région étudiée conduit à des expressions multiples du terroir à travers le vin.

C'est pour cette raison qu'une méthodologie de caractérisation des zones viticoles de cru a été mise en place par l'équipe d'Agronomie d'Angers. Cette démarche, basée sur l'étude de plusieurs critères du milieu, a été largement développée par MORLAT (1978,1989). Elle repose sur la notion de séquence écogéopédologique qu'il convient davantage de prendre en compte, que la simple notion de sol viticole. C'est le concept qui intègre le maximum de facteurs concourant à la valeur viticole d'un terroir (topographie, mésoclimat, caractéristiques physico-chimiques, type d'enracinement, conditions d'alimentation hydrique, etc ...) et qui prend en compte les caractéristiques du substrat géologique exploitable ou non par les racines.

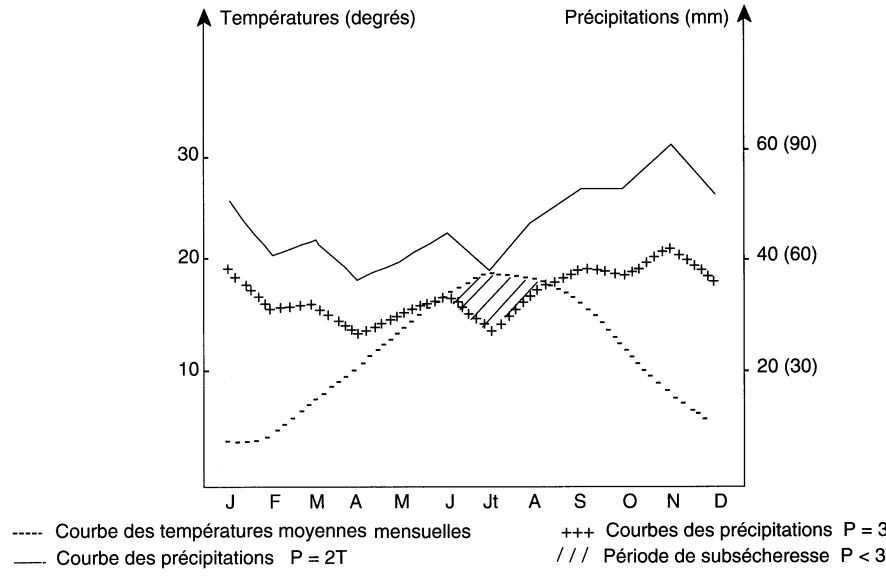


Fig. 1 — Climogramme de Gaussen pour Saumur
Moyennes établies sur les années 1951 à 1970

On peut considérer une aire de production viticole comme un ensemble d'unités homogènes du point de vue mésoclimat, topographie, sol et roche-mère. En effet chaque unité de milieu est définie comme une séquence théorique de sols développés sur une même roche-mère et ayant en commun un certain nombre de caractères agronomiques; c'est la notion de séquence géopédologique. Chaque séquence est généralement associée, dans cette région, à un couple topographie-altitude bien déterminé, entraînant, à priori, un mésoclimat spécifique, d'où la notion de séquence écogéopédologique.

II — PROTOCOLE EXPÉRIMENTAL

Cette méthodologie a été utilisée pour caractériser les vignobles producteurs de vins rouges de la moyenne vallée de la Loire : les principales séquences écogéopédologiques ont été déterminées. Puis une caractérisation à finalité viticole a été entreprise en recherchant les potentialités de chaque séquence. Sur cette base, une hypothèse de hiérarchisation des séquences s'exprimant à travers la qualité des vins obtenus a été formulée et conduit à la notion de séquence de référence qui, à priori, produit le vin de meilleure typicité. Dans le Val de Loire, elle correspond à la séquence écogéopédologique sur craie sablo-glauconieuse et micacée du Turonien Moyen.

L'objectif général de ce programme est donc, non seulement d'étudier les effets des principaux milieux viticoles et de chacune de leurs composantes, mais encore d'analyser, en vue d'une hiérarchisation, les mécanismes qui sont à la base des différences que l'on peut constater entre les vins obtenus. Pour tester leurs potentialités viticoles, vingt parcelles expérimentales ont été choisies, avec plusieurs répétitions sur la séquence de référence. La parcelle

élémentaire a été délimitée, après de nombreux sondages géopédologiques, dans une vigne appartenant à un viticulteur; elle comprend une centaine de souches, réparties sur 4 ou 5 rangs de la parcelle, dont 24 repérées sur lesquelles les différentes mesures ont été réalisées. La plupart des travaux d'entretien du vignoble ont été effectués par les techniciens de l'INRA.

Le cépage étudié est le Cabernet Franc, le plus fréquent dans la région, greffé sur SO4, qui est le porte-greffe le plus courant. Le matériel végétal est morphologiquement homogène (sélections massales) et limite la variabilité pouvant exister entre les parcelles. Les vignes choisies sont relativement jeunes, d'âge identique (plantation entre 1971 et 1973), avec une même orientation des rangs (NNE-SSO) et une exposition Sud.

Le système de conduite correspond au type traditionnel de la région : densité de plantation de 5.000 pieds par hectare (2 m x 1 m) avec palissage plan à 3 fils et taille guyot simple. La hauteur foliaire se situe entre 0,9 et 1 m; la charge laissée à la taille est adaptée à la vigueur des souches. Des éclaircissages sont réalisés après la nouaison afin de limiter les écarts de rendements entre parcelles.

La fertilisation minérale est adaptée à la richesse chimique de chaque sol; le désherbage chimique est intégral. Les principaux traitements phytosanitaires sont réalisés de façon identique sur chaque parcelle.

RÉSULTATS

I — ÉTUDE DES SOLS DES PARCELLES EXPÉRIMENTALES

L'étude qui a fait l'objet de la thèse de Doctorat a porté sur sept parcelles représentatives de l'ensemble des séquences écogéopédologiques rencontrées dans le vignoble du Val de Loire. Nous ne présenterons ici que les résultats concernant quatre des parcelles, représentant chacune une séquence différente,sans tenir compte des répétitions.

a) Sols sur craie sablo-glauconieuse et micacée de Turonien Moyen (parcelle 1 DAM) (tableau I)

Ce sous-étage géologique est constitué en majeure partie, dans la zone étudiée, par une craie riche en glauconie et en muscovite. Il s'agit de la craie tuffeau qui a été largement exploitée dans le passé comme pierre à bâtir. L'altération de la craie conduit à des horizons meubles, sableux à sablo-limono-argileux, par dissolution des ciments calcaires qui libèrent des sables calcaro-glauconieux. Dans ces sols, l'enracinement de la vigne est puissant et profond (figure 2). En effet, aucune barrière physique ne vient contrarier le cheminement racinaire ; la résistance à la pénétration de la craie est compatible avec une exploitation par les racines sur plusieurs mètres d'épaisseur.

Ces sols présentent une capacité d'échange cationique moyenne, qui diminue avec la profondeur ; les teneurs en potassium sont élevées dans les couches superficielles, tandis que les teneurs en magnésium sont normales et représentent 6 à 7 p. cent de la CEC.

Ces sols ont une très bonne potentialité agronomique et viticole, et sont particulièrement adaptés à une viticulture de qualité. Ils sont reconnus comme étant de très bons terroirs et leur plus grande partie est occupée par le vignoble d'appellation. Ils ont été choisis comme séquence écogéopédologique de référence

b) Sols sur sables et argiles sableuses du Sénonien (Parcelle 2EL) (tableau II)

Dans le Sud Saumurois, le Sénonien ne comprend que des faciès généralement meubles, non carbonatés, et se situe principalement sur les vallées sécantes des plateaux ou sur les sommets de buttes. Ces sols, nombreux dans la région, sont en majorité occupés par le vignoble.

TABLEAU I

Résultats analytiques du profil 1 DAM

Profondeur (cm)		0-20 Ap11	20-40 Ap12	40-60 B	60-240 C1
Terre brute	p.100	100	100	100	100
Caillou	p.100	5	2	1,7	1,5
Gravier	p.100	2	3	1,1	1,5
Terre fine	p.100	93	95	97,2	97,0
Sable grossier	p.100	24,3	21,8	9,9	9,6
Sable fin	p.100	38,3	41,7	46,4	52,3
Limon grossier	p.100	8,7	7,3	8,2	7,6
Limon fin	p.100	10	9,7	11,8	14,9
Argile	p.100	18,7	19,5	23,8	15,6
Matière organique	p.100	1,3	1,1	—	—
Carbone organique	p.100	0,75	0,66	—	—
Azote total	p.100	0,08	0,07	—	—
C/N		9,0	8,9		
Capacité rétention (HV)	p.100	15,5	15,4	16,6	21
K^+	méq.p.100 g	1,46	0,99	0,34	0,09
Na^+	méq.p.100 g	0,03	0,02	0,01	0,01
Mg^{++}	méq.p.100 g	0,77	0,78	0,55	0,35
Ca^{++}	méq.p.100 g	+	+	+	+
S	méq.p.100 g	+	+	+	+
CEC	méq.p.100 g	10,7	11,2	8,8	5,6
V	p.100	sat	sat	sat	sat
pH eau		8,0	8,0	8,3	8,4
Calcaire total	p.100	18,3	17,1	40,6	59,8
Calcaire actif	p.100	—	—	13,0	16,0
P_2O_5 assimilable	p.100	0,06	0,05	—	—
Fer libre	p.100	0,60	0,61	0,49	0,25

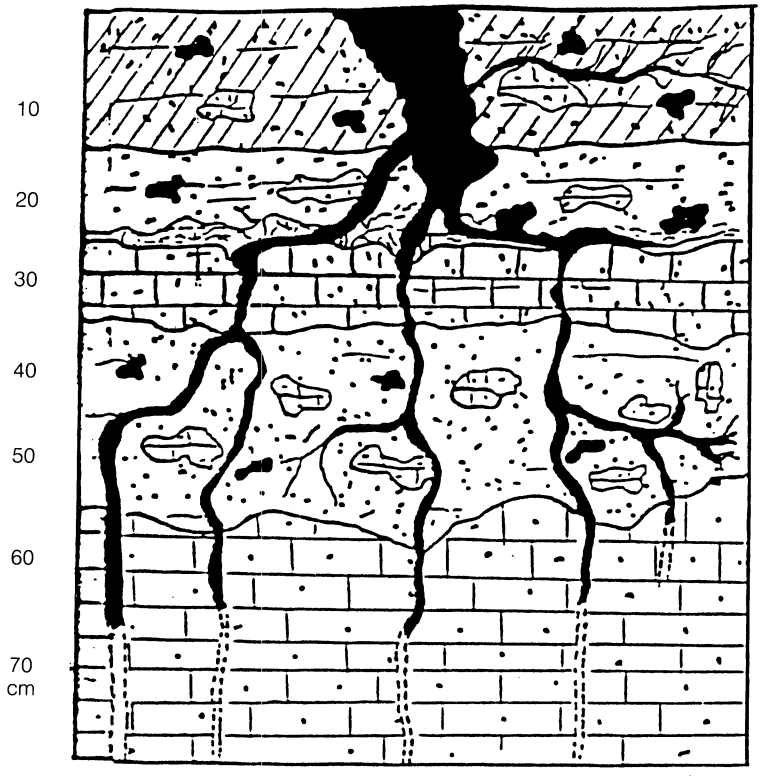


Fig. 2 — Exemple d'enracinement en sol brun calcaire (craie sablo-glauconieuse) d'après MORLAT (1975)

Suivant la situation topographique, nous rencontrons différents types de sols et en particulier des sols colluviaux à profil complexe peu évolués, légèrement acides en surface (profil 3EL) intergrades vers les sols bruns à bruns faiblement lessivés (profil 2EL), reposant sur d'anciens Bt de sols bruns lessivés. Ces sols ont été secondairement resaturés par l'apport de compost calcaire lorsqu'ils ont été mis en culture.

En surface et jusqu'à 1 m environ, la texture est sableuse à sablo-argileuse. En profondeur, des horizons d'argile sableuse se développent sur 40 à 50 cm d'épaisseur. Les réserves hydriques sont nettement plus importantes en profondeur.

Ces terrains sont pauvres en matière organique (0,9 p. cent); la capacité d'échange cationique est très faible en surface et les réserves naturelles en potassium et magnésium sont limitées.

Dans la parcelle 2EL, les observations de MORLAT (1979) ont montré un enracinement très développé, mais présentant deux niveaux préférentiels (figure 3) :

- de nombreuses racines très ramifiées émettent un chevelu très dense, colonisant les horizons superficiels;

TABLEAU II

Résultats analytiques du profil 2EL

Profondeur (cm)		0-30 Ap11	30-50 Ap12	50-65 Bt	65-80 Bt	80-100 IIBtg	100-135 IIC1	135-280 IIC2
Terre brute	p.100	100	100	100	100	100	100	100
Caillou	p.100	1	0	0	0	0	17	0
Gravier	p.100	1	1	0,5	1,5	1,5	2	0
Terre fine	p.100	98	99	98,5	98,5	98,5	81	100
Sable grossier	p.100	55,3	60,6	36	25,8	21,7	23	8,4
Sable fin	p.100	28,5	25,3	44,6	45,1	32,1	38,7	66,4
Limon grossier	p.100	4,8	4,2	6,5	6,7	6,9	5,4	1,2
Limon fin	p.100	5,8	5,5	6,9	9,1	9,8	8,1	5,2
Argile	p.100	5,6	4,4	6,0	13,3	29,5	24,8	14,8
Matière organique	p.100	0,9	0,3	—	—	—	—	—
Carbone organique	p.100	0,51	0,17	—	—	—	—	—
Azote total	p.100	0,06	0,02	—	—	—	—	—
C/N		8,79	9,44	—	—	—	—	—
Capacité rétention (HV)	p.100	5,6	4,7	5,6	5,6	11	13,8	9,9
K^+	méq.p.100 g	0,58	0,18	0,15	0,26	0,35	0,18	0,11
Na^+	méq.p.100 g	0,01	trace	trace	trace	0,03	0,06	0,06
Mg^{++}	méq.p.100 g	1,05	0,28	0,17	0,33	0,61	0,45	0,39
Ca^{++}	méq.p.100 g	+	+	+	+	+	+	+
S	méq.p.100 g	16,14	13,26	6,02	5,89	14,69	13,89	10,56
CEC	méq.p.100 g	3,7	2,1	2,2	5,4	13,1	12,0	8,9
V	p.100	sat	sat	sat	sat	sat	sat	sat
pH eau		7,8	8,1	8,2	8,0	7,7	7,7	7,8
Calcaire total	p.100	—	—	—	—	—	—	—
P_2O_5 assimilable	p.100	0,04	0,02	—	—	—	—	—
Fer libre	p.100	0,21	0,22	0,24	0,51	1,21	1,04	0,89

- les argiles sont intensivement prospectées jusqu'à 2 m de profondeur par de très nombreuses racines moyennes qui traversent les horizons sableux intermédiaires sans s'y ramifier ; elles se divisent en radicelles au contact des argiles. Ce développement racinaire devrait permettre une très bonne alimentation hydrique de la vigne.

Ces sols ont des potentialités agronomiques moyennes, mais sont bien adaptés à la viticulture.

c) Sols sablo-caillouteux sur la moyenne terrasse de la Loire (1 FON) (tableau III)

La teneur très faible en argile et limons ainsi que la charge importante en éléments gros-

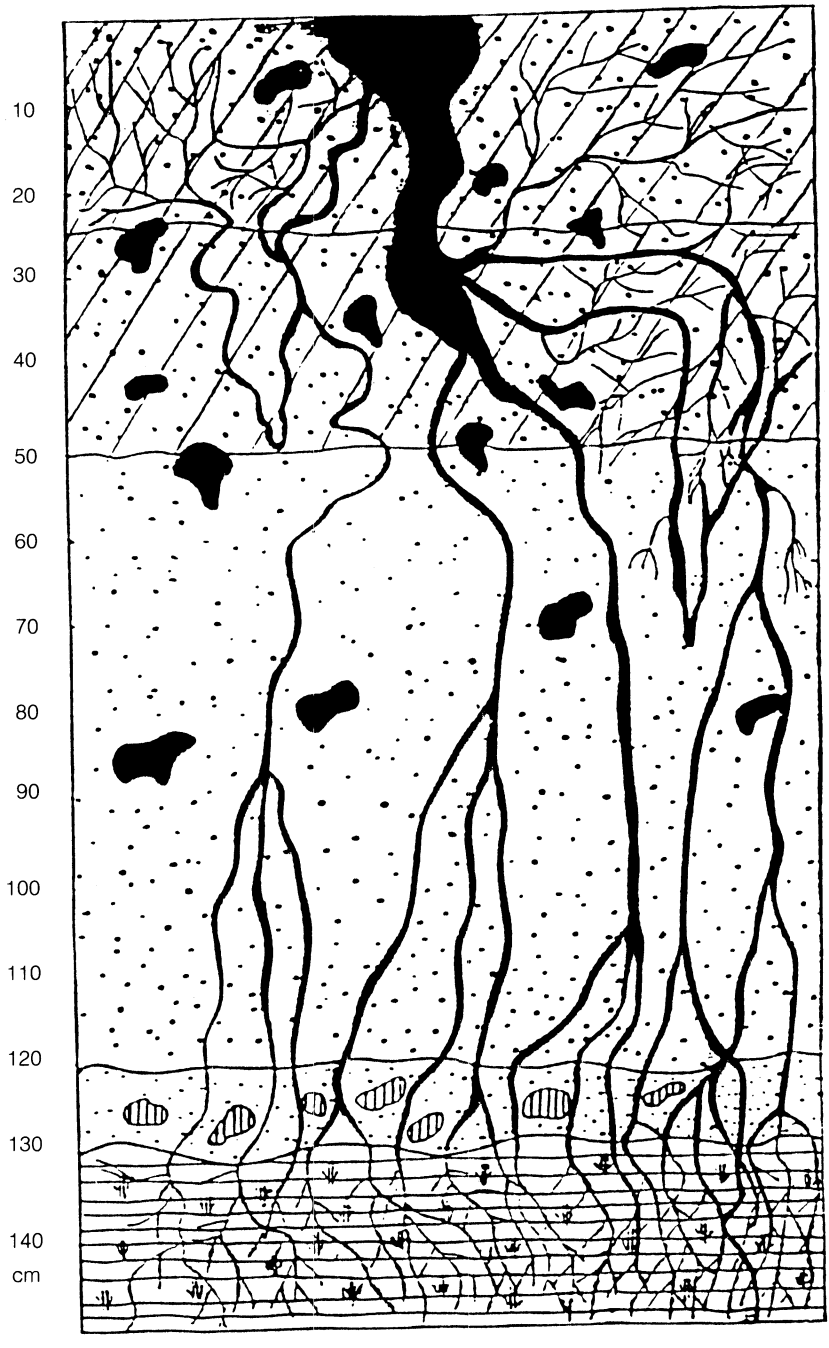


Fig. 3 — Exemple d'enracinement en sol sableux
sur argiles sableuses du sénonien d'après MORLAT (1975)

siers limitent considérablement l'enracinement, car elles engendrent des capacités d'échange et de rétention en eau très réduites.

Ces conditions devraient à priori favoriser l'extension des racines en profondeur, comme c'est le cas dans certains vignobles du Bordelais : Haut-Médoc, (SEGUIN, 1965, 1969 et 1970), Graves (COMPAGNON, 1970); mais l'horizon C2 est ici fortement compacté et le développement racinaire reste superficiel à subsuperficiel, ne dépassant pas un mètre de profondeur.

Ces sols très séchants sont mal adaptés à d'autres cultures que la vigne, bien que les problèmes d'alimentation hydrique, insuffisante au cours des étés secs, ne semblent pas jouer en faveur de la qualité des raisins et des vins.

TABLEAU III

Résultats analytiques du profil 1FON

Profondeur (cm)		0-20 Ap1	20-40 Ap2	40-60 B1	60-80 C1	80-120 C2
Terre brute	p.100	100	100	100	100	100
Caillou	p.100	10	11	15	4	4
Gravier	p.100	21	20	21	38	36
Terre fine	p.100	69	69	64	58	60
Sable grossier	p.100	80,6	82,2	74,7	91,6	93,8
Sable fin	p.100	7,4	5,0	10,0	2,3	1,7
Limon grossier	p.100	2,5	3,0	3,8	1,2	0,5
Limon fin	p.100	6,3	6,1	7,4	2,5	2,3
Argile	p.100	3,2	3,7	4,1	2,4	1,7
Matière organique	p.100	0,7	0,25	—	—	—
Carbone organique	p.100	0,41	0,15	—	—	—
Azote total	p.100	0,04	0,02	—	—	—
C/N		10,5	7,5	—	—	—
Capacité rétention (HV)	p.100	4,6	4,5	4,3	4	3,95
K^+	méq.p.100 g	0,44	0,27	0,24	0,13	0,19
Na^+	méq.p.100 g	0,08	0,007	0,004	0,002	0,003
Mg^{++}	méq.p.100 g	0,84	0,32	0,31	0,21	0,20
Ca^{++}	méq.p.100 g	2,60	1,20	+	0,70	1,40
S	méq.p.100 g	+	1,80	+	1,04	+
CEC	méq.p.100 g	2,80	2,00	1,50	1,40	1,50
V	p.100	sat	90,0	sat	74,4	sat
pH eau		7,4	5,9	6,6	5,8	6,3
Calcaire total	p.100	—	—	—	—	—
P_2O_5 assimilable	p.100	0,035	0,021	—	—	—
Fer libre	p.100	0,,200	0,20	0,240	0,090	0,060

TABLEAU IV

Résultats analytiques du profil 1VAU

Profondeur (cm)		0-30 Ap	30-45 A2g	45-60 Btg1	60-90 Btg2	90-290 C
Terre brute	p.100	100	100	100	100	100
Caillou	p.100	52,0	50,5	42,3	29,0	35,0
Gravier	p.100	11,5	5,3	9,0	11,8	3,3
Terre fine	p.100	36,5	44,2	48,7	59,2	61,7
Sable grossier	p.100	17,8	20,0	10,0	6,8	27,0
Sable fin	p.100	32,0	11,5	8,2	10,9	10,5
Limon grossier	p.100	18,2	10,0	5,9	6,0	7,4
Limon fin	p.100	34,7	41,1	37,0	54,1	35,8
Argile	p.100	15,5	17,4	38,9	54,1	35,8
Matière organique	p.100	3,6	1,3	1,2	0,4	0,3
Carbone organique	p.100	2,08	0,80	0,70	0,22	0,16
Azote total	p.100	0,19	0,07	0,08	0,03	0,02
C/N		10,80	10,85	8,76	7,16	7,71
Capacité rétention (HV)	p.100	35,6	35,8	53,3	47,3	51,4
K^+	méq.p.100 g	0,72	0,21	0,12	0,16	0,09
Na^+	méq.p.100 g	0,09	0,13	0,31	0,32	0,43
Mg^{++}	méq.p.100 g	0,60	0,74	1,54	2,07	1,76
Ca^{++}	méq.p.100 g	+	+	+	+	+
S	méq.p.100 g	14,30	12,70	24,37	31,15	24,08
CEC	méq.p.100 g	12,50	10,50	23,10	28,20	21,80
V	p.100	sat	sat	sat	sat	sat
pH eau		6,2	6,8	6,5	6,8	6,7
Calcaire total	p.100	—	—	—	—	—
P_2O_5 assimilable	p.100	0,030	0,005	0,006	0,001	0,001
Fer libre	p.100	0,390	0,090	0,510	0530	0,290

d) Sols lessivés sur limons à silex du Sénonien (parcelle 1 VAU) (tableau IV)

Ce profil se situe dans le Chinonais, où le Sénonien n'est jamais calcaire. La partie supérieure du Sénonien est constituée par les argiles à spongolithes de Touraine, qui recouvrent notamment les plateaux du sud de Chinon.

L'étude des profils culturaux montre un enracinement superficiel, essentiellement localisé dans le premier mètre de sol. La concentration racinaire est importante dans le deuxième niveau (A2g) pour les classes de 2 à 10 mm de diamètre. L'abondance des racines diminue régulièrement avec la profondeur.

Il faut signaler un taux important de cailloux qui représente un obstacle pour la pénétration des racines. Cette contrainte existe de façon homogène sur l'ensemble du profil; elle diminue légèrement avec la profondeur, la charge de cailloux étant moins forte.

La présence d'une nappe perchée a été observée pendant l'hiver; elle est située entre -40 et -50 cm de profondeur, mais disparaît dès le printemps et ne semble pas intervenir directement dans l'alimentation en eau de la vigne au cours de son cycle végétatif. En revanche, elle peut limiter, elle aussi, le développement racinaire en profondeur.

Ce sol a des réserves en eau utile élevées qui permettent une alimentation satisfaisante; toutefois l'enracinement superficiel de la vigne peut compromettre la qualité de la récolte lorsque les pluies sont importantes ou inversement lorsque la sécheresse est trop accentuée.

De plus, la nutrition azotée, liée à une teneur élevée de la terre fine en azote total, semble induire une forte vigueur de la vigne. (Le pourcentage d'azote de la terre brute est peu élevé, mais des observations de MORLAT (1989) montrent qu'une grande quantité d'azote est minéralisée chaque année).

II — OBSERVATIONS CLIMATIQUES EN 1984 - 1985 - 1986

Les trois années sont très contrastées du point de vue climatique, notamment en ce qui concerne la pluviosité pendant la période de maturation du raisin; cela permettra de mieux cerner l'influence du régime hydrique sur le comportement et la production de la vigne dans les terroirs étudiés.

a) L'année 1984 a été caractérisée par :

- une période de refroidissement pendant une grande partie du mois de mai, avec des températures particulièrement basses et des précipitations importantes;

- des températures supérieures à la normale au cours du mois de juin;

- des précipitations largement supérieures à la moyenne pendant la période de maturation, accompagnées d'un rayonnement solaire global déficitaire dû à une couverture nuageuse toujours présente.

b) l'année 1985 a été caractérisée par :

- un hiver particulièrement rude qui a davantage affecté la vigne dans la parcelle 1FON;

- un printemps froid et humide;

- des précipitations très inférieures à la normale entre le mois de juillet et les vendanges;

- de très fortes amplitudes thermiques de fin août à mi-septembre;

- des températures plus élevées que la normale et des humidités relatives faibles pen-

dant la maturation du raisin.

c) l'année 1986 a été caractérisée par :

- un hiver froid comparable à celui de l'année 1985;

- des températures plus basses que la moyenne au début du cycle végétatif de la vigne accompagnées de précipitations largement supérieures à la moyenne;

- des précipitations très faibles au cours des mois de juin, juillet, août et jusqu'au 15 septembre;

- un retour de la pluie et de températures inférieures à la normale du 15 au 30 septembre, en pleine maturation du raisin.

Contrairement à d'autres études menées dans des régions peu accidentées comme le Bordelais (DUTEAU, 1976; GUILLOUX, 1981), nous observons, pour les sites étudiés, des fluctuations mésoclimatiques significatives et répétitives sur les trois années. Elles s'expliquent en partie par la grande variabilité de l'environnement rencontrée dans ce vignoble et par sa position septentrionale :

- parcelle 1FON : son mésoclimat réagit à la présence ou non du vent durant la phase climatique considérée. En année froide et ventée (ex : 1984), les températures minimales et l'hygrométrie y sont les plus basses, mais l'évaporation y est comparable à celle des autres parcelles. En année chaude (ex : 1985, 1986), les températures y sont les plus élevées, l'hygrométrie toujours faible et l'évaporation beaucoup plus forte. Dans cette parcelle, l'environnement apparaît comme un facteur important pour expliquer les différences de mésoclimat;

- parcelle 1VAU : son mésoclimat est caractérisé par des températures basses et par une pluviosité et une hygrométrie plus élevées que dans les autres parcelles;

- parcelle 1DAM : son mésoclimat est caractérisé par une hygrométrie élevée et des températures basses, surtout en fin de cycle végétatif.

II — ALIMENTATION EN EAU DE LA VIGNE

L'étude a été réalisée dans chacune des parcelles au cours des trois années, à l'aide d'un humidimètre à neutrons. De manipulation rapide et facile, l'humidimètre présente l'avantage de pouvoir effectuer des mesures répétées dans un même site sans perturber le sol et de donner directement l'humidité volumique (ANDRIEUX et *al.* 1962). Il est donc possible, connaissant les précipitations, de déterminer les quantités d'eau évapotranspirées par le système sol-plante (ETR).

Nous ferons appel aux résultats des trois années étudiées mais nous ne présenterons, dans cette publication, que les profils hydriques et les calculs de consommation d'eau obtenus en 1985. Le trait particulier de cette année est sa très faible pluviométrie à partir de juillet (83 mm contre 143 mm en moyenne, de juillet jusqu'aux vendanges), qui a permis de bien

différencier les conditions d'alimentation hydrique dans les différents terroirs.

A — *MODES D'ALIMENTATION EN EAU DANS LES DIFFÉRENTS TERROIRS*

1°) Dans les sols sur craie : 1DAM

Ce type de sol présente un enracinement puissant et profond de la vigne et possède par conséquent des réserves en eau utile importantes.

L'absorption de l'eau, pendant la phase de croissance de la vigne, se fait sur l'ensemble du profil grâce à une répartition des racines sur toute la hauteur du sol. Le dessèchement du sol, de la mi-floraison à la mi-véraison, a été important au cours des trois années mais surtout en 1985.

Après une forte pluviosité, comme ce fut le cas au cours de la maturation 1984, l'absorption d'eau dans la couche superficielle humectée par la pluie est faible puisque les racines n'y sont pas très développées. Dans les couches profondes asséchées, l'eau étant retenue plus énergiquement par le sol, l'absorption est également réduite. De plus, en raison de sa texture, la réhumidification de ce sol n'est pas brutale et ne dépasse pas les valeurs correspondant à la capacité de rétention.

De même, au cours de périodes sèches, comme le furent les étés 1985 et 1986, l'absorption d'eau pendant la période de croissance de la vigne, peut s'effectuer grâce aux racines plongeantes qui exploitent les réserves stockées dans la craie et l'alimentation en eau de la vigne s'effectue dans de bonnes conditions.

Il existe donc, dans ce type de sol, des phénomènes de régulation hydrique qui permettent une alimentation en eau de la vigne régulière et limitent les effets des conditions climatiques extrêmes : pluviosité ou sécheresse excessives. Ce type de régime hydrique rappelle celui des sols gravelo-sableux du Bordelais décrits par SEGUIN (1969, 1970); COMPAGNON (1970); SEGUIN et *al.* (1969); SEGUIN et COMPAGNON (1970); PUCHEU-PLANTE et SEGUIN (1981); DUTEAU (1981). Ces auteurs ont montré l'importance de cette régulation de l'alimentation en eau sur la qualité des vendanges.

2°) Dans les sols sur sables et argiles sableuses : 2EL

Ce sol, riche en éléments fins, possède une réserve en eau utile importante tout au long de l'année. L'enracinement plongeant très développé dans les argiles sableuses assure une exploitation régulière des couches profondes. L'observation des profils hydriques montre une variation très importante du stock d'eau, de la mi-floraison à la mi-véraison, qui correspond à une très forte consommation de la vigne. Cela peut être mis en parallèle avec les vigueurs très élevées observées dans cette parcelle et avec une croissance des sarments qui se poursuit longtemps (jusqu'aux vendanges en 1985 et 1986).

Au cours de la maturation 1984, les fortes chutes de pluie ont entraîné une réhumidification du sol sur une profondeur d'environ 130 cm.

Après les périodes de forte sécheresse des années 1985 et 1986, la consommation d'eau

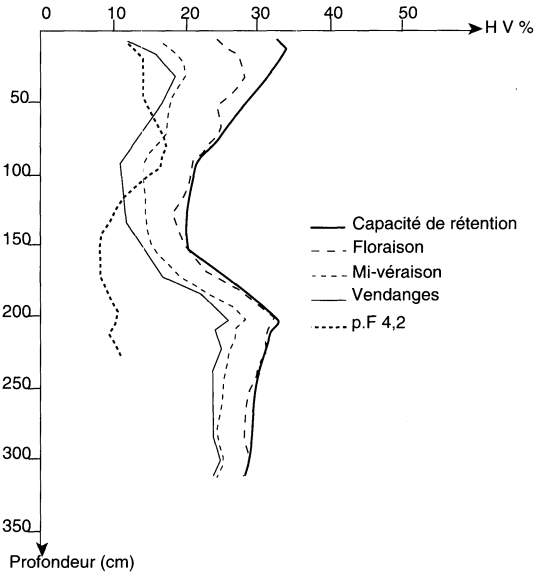


Fig. 4 — Évolution des profils hydriques en 1985 - 1DAM

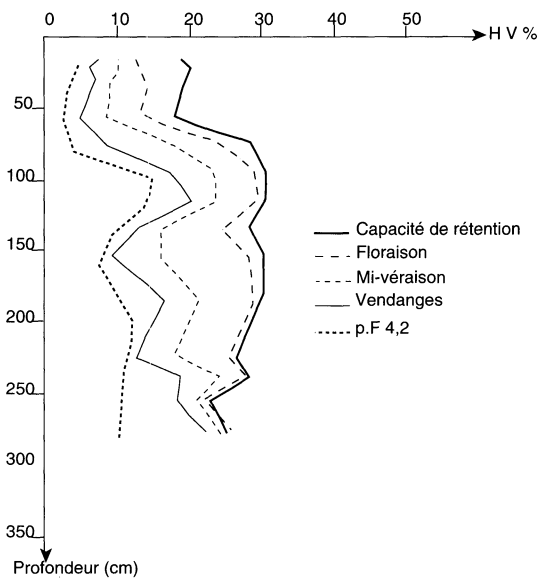


Fig. 5 — Évolution des profils hydriques en 1985 - 2EL

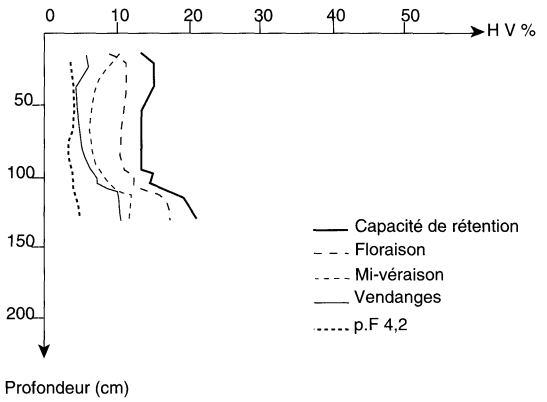


Fig. 6 — Évolution des profils hydriques en 1985 - 1FON

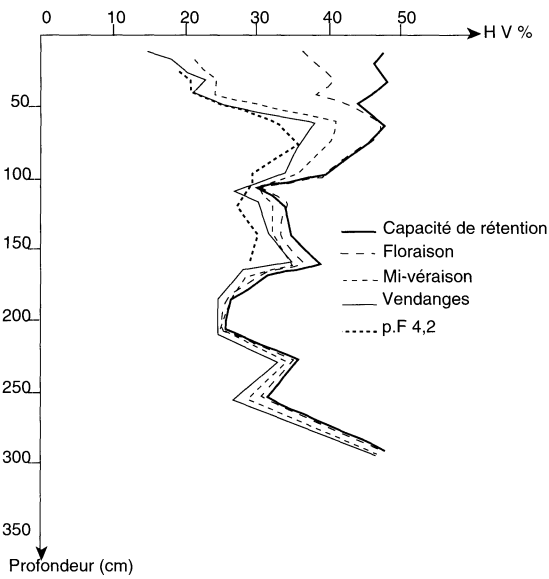


Fig. 7 — Évolution des profils hydriques en 1985 - 1VAU

s'est poursuivie normalement pendant la maturation du raisin, grâce à la participation des horizons profonds. Dans cette parcelle, l'alimentation en eau n'est donc pas un facteur limitant du développement et de la croissance de la vigne.

3°) Dans les sols sablo-caillouteux : 1FON

Ce sol superficiel dispose d'une très faible réserve en eau utile; il est donc largement tributaire des précipitations et le plus éloigné de l'aptitude à assurer une bonne régularité de l'alimentation hydrique.

L'examen des profils hydriques montre des absorptions d'eau relativement faibles pendant la période de croissance ; cela peut expliquer les arrêts de croissance très précoces des rameaux (au début du mois d'août en 1985 et 1986) et les surfaces foliaires secondaires peu importantes mesurées au cours des deux années.

Les fortes pluies survenues au cours de la maturation 1984 ont entraîné, dans ce sol à texture sablo-graveleuse, une réhumidification complète de l'ensemble du profil accompagnée probablement de phénomènes de drainage difficilement mesurables, si bien qu'il a été impossible d'effectuer des bilans hydriques corrects pour cette parcelle. Dans ce sol à enracinement superficiel, la plus grande partie des racines est située dans la zone humectée par la pluie : l'absorption de l'eau est alors brutale et excessive entraînant un gonflement rapide des baies et une dépréciation de leur qualité par dilution.

Lors de la maturation 1985, les fortes consommations en eau n'ont pas été compensées par les pluies; les réserves hydriques insuffisantes n'ont pu alimenter la vigne et des symptômes de sécheresse sont apparus sur le feuillage dès la fin du mois d'août; au moment des vendanges, les horizons de surface se trouvaient au voisinage du point de flétrissement permanent.

Il faut ajouter à cela une évaporation Piche, quelquefois plus élevée, en raison d'un paysage très ouvert qui entraîne, compte-tenu de faibles réserves hydriques, des conditions d'alimentation en eau très difficiles (ex : période du 28/06 au 20/08/1985 - tableau V).

4°) Dans les sols sur limons : 1VAU

Ce sol possède une réserve en eau utile importante, malgré un enracinement essentiellement superficiel (CR = 40 à 50 p. cent dans le premier mètre du sol).

Les profils hydriques montrent une fourniture en eau jusqu'à une profondeur de 150 cm. Au-delà, l'écart entre les profils hydriques, correspondant aux différentes dates, reste très faible. En 1986, pendant la première partie du cycle végétatif (période de longue sécheresse), l'absorption de l'eau s'est effectuée sur une plus grande profondeur qu'en 1984 et 1985 (180 cm contre 150 cm).

Entre la floraison et la mi-véraison, la variation du stock d'eau sur 100 cm de profondeur est importante et traduit une forte absorption, qui peut expliquer en partie la vigueur excessive de la vigne dans cette parcelle.

TABLEAU V

Alimentation en eau de la vigne en 1985

Période du 28/06 au 20/08 (floraison, mi-véraison)	1DAM	2EL	1FON	1VAU
Variation stock d'eau (mm) S	145	138	49	121
Précipitation (mm) P	49	55	56	56
S + P (mm)	194	193	105	177
Consommation d'eau (mm/j)	3,6	3,6	1,9	3,3
Évaporation Piche (mm)	167	165	184	174
Évapotranspiration potentielle (mm/j)	5,0	5,0	5,1	5,1
Période du 20/08 au 14/10 (maturation)	1DAM	2EL	1FON	1VAU
Variation stock d'eau (mm) S	87	(152)	25	51
Précipitation (mm) P	36	38	46	39
S + P (mm)	123	190	71	90
Consommation d'eau (mm/j)	2,2	(3,4)	1,3	1,6
Évaporation Piche (mm)	152	149	167	194
Évapotranspiration potentielle (mm/j)	3,4	3,4	3,5	3,8

Pendant la période de maturation 1985, l'alimentation en eau de la vigne n'a pas été suffisante en raison de la faible exploitation du sol par les racines et de l'importance de sa biomasse foliaire. Lors des vendanges, le sol se trouvait au point de flétrissement permanent et l'on pouvait constater d'importants symptômes de sécheresse sur le feuillage.

B — *CONSOMMATION D'EAU PENDANT LE CYCLE VÉGÉTATIF EN 1985*

Pendant la période de croissance, les diminutions du stock d'eau furent importantes (environ 120 à 140 mm de juillet à fin août) dans les parcelles 1DAM, 2EL, 1VAU, ce qui, compte-tenu de la pluviosité, a abouti à une ETR proche de 70 p. cent de l'ETP (tableau V).

La variation du stock d'eau fut beaucoup plus faible dans la parcelle sablo-caillouteuse 1FON : l'ETR n'a représenté, pendant cette période, qu'environ 40 p. cent de l'ETP. Cela peut expliquer, en partie, l'arrêt précoce de croissance des rameaux.

À partir de la mi-véraison et jusqu'aux vendanges, la pluviosité a été très faible (inférieure à 40mm) et l'alimentation hydrique de la vigne s'est effectuée en majeure partie grâce aux réserves du sol. En outre, le 20 août la plupart des sols et particulièrement ceux des parcelles 1FON et 1VAU en surface, étaient fortement asséchés, si bien que l'alimentation en eau a été de plus en plus limitée. Le déficit de l'ETR par rapport à l'ETP a été relativement important pour ces parcelles.

Les valeurs calculées de l'ETR pour la parcelle 1DAM sont peut-être sous-estimées en raison de l'existence probable de racines plus profondes que les tubes de mesure, ces racines pouvant intervenir dans le cas de sécheresse extrême.

Il faut noter la très forte consommation en eau dans la parcelle 2EL (ETR très proche de l'ETP) grâce à la participation importante des horizons situés au-dessous d'un mètre de profondeur. On constate, au cours de cette période, que l'ETR a été d'autant plus élevée que la participation des couches profondes à l'alimentation en eau a été importante.

On peut conclure, qu'en 1985, l'alimentation en eau de la vigne a été insuffisante au cours de la maturation du raisin mais cela essentiellement dans les sols à enracinement superficiel.

Malgré les imprécisions subsistant pour quelques résultats, cette étude fait apparaître des différences importantes concernant les consommations d'eau de la vigne sur les divers types de sols et face à des conditions climatiques variables. Ces différences sont encore plus accentuées au cours de la maturation du raisin soit dans le cas de sécheresse prolongée (1985), soit dans le cas de pluviosité excessive (1984). Ainsi, dans les sols sablo-caillouteux (1FON), l'alimentation hydrique est souvent déficitaire) (ex : 1985 et 1986) ou mal régulée (ex : 1984).

Dans les sols sur limons à silex (1 VAU), l'alimentation en eau ne constitue un facteur partiellement limitant que dans le cas d'une sécheresse très prolongée, comme ce fut le cas en 1985.

Les vignes sur craie sablo-glauconieuse (1DAM) et sur argiles sableuses (2EL) présentent une alimentation en eau toujours satisfaisante, mais grâce à leur mode d'enracinement, seuls les premiers semblent limiter l'absorption de l'eau par la vigne dans le cas d'une forte pluviosité.

Nous étudierons plus loin l'influence de ces différences d'alimentation hydrique sur la qualité des vendanges et des vins.

TABLEAU VI

Hypothèse de classement des terroirs

1DAM	Craie sablo-glauconieuse du turonien moyen	Faible interaction avec l'année	Haut potentiel viticole
2EL	Sols sur sables et argiles sableuses du sénonien	Forte interaction avec l'année	Potentiel viticole variable
1FON	Sols sablo-caillouteux sur la moyenne terrasse de la Loire	Forte interaction avec l'année	Potentiel viticole variable
1VAU	Sols lessivés sur limons à silex du sénonien	Interaction moyenne avec l'année	Faible potentiel viticole

CONCLUSION

Nous avons présenté les caractères agro-pédologiques de quatre parcelles expérimentales situées sur des séquences différentes, représentatives de l'ensemble des sols de la Moyenne Vallée de la Loire. Pendant trois années consécutives, 1984, 1985 et 1986, les conditions climatiques et l'alimentation en eau de la vigne ont été suivies dans chacune des parcelles.

En ce qui concerne le climat, les trois années ont présenté des caractéristiques très contrastées, au niveau de la pluviosité pendant la maturation du raisin. Cela devrait permettre de mieux comprendre l'influence des conditions climatiques et du régime hydrique sur le comportement et la production de la vigne.

Par ailleurs, des fluctuations mésoclimatiques significatives et répétitives sont observées entre les quatre parcelles, concernant notamment l'évaporation et les températures.

En conclusion à cette étude des sols et de l'alimentation en eau de la vigne, nous pouvons envisager un classement des terroirs, basé sur leurs potentialités viticoles et leur interaction avec les conditions du millésime. (tableau VI).

Notre objectif sera ensuite de vérifier cette hypothèse de classement des terroirs en étudiant la croissance et le développement de la vigne, la constitution du raisin et la qualité du vin.

Manuscrit reçu le 20 août 1991; accepté pour publication le 27 août 1991.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ANDRIEUX C., BUSCARLET L., GUITTON J.,et MERITE B., 1962. Mesure en profondeur de la teneur en eau des sols par ralentissement des neutrons thermiques. *Industries atomiques*, **3-4**, 63-70 et **5-6**, 72-80.

BOURZEIX M., HEREDIA N., MERIAUX S., ROLLIN M. et RUTTEN P.,1977. De l'influence de l'alimentation hydrique de la vigne sur les caractéristiques anatomiques des baies de raisins et leur richesse en couleur, tanins et autres composés phénoliques.C.R. *Académie des Sciences*, 284 D, 365-369.

BRANAS J., 1980. Des appellations d'origine des vins. Éléments historiques et agronomiques d'une méthode d'étude. *Rev. Franç. Oenol.*, **78**, 13-58

BRANAS J., BERNON E. et LEVADOUX L., 1946.*Eléments de viticulture générale*. Ecole Nationale de Viticulture , Montpellier (400p.)

CARBONNEAU A., 1980. Recherche sur les sytèmes 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*, Bordeaux, (240 p.).

COMPAGNON J., 1970. Alimentation en eau de la vigne dans quelques sols de Graves. Influence sur le raisin. *Thèse Doctorat 3ème cycle*, Bordeaux (103p.).

DUTEAU J., 1976. Le vignoble des Côtes de Bourg. Les sols et le climat. Influence sur la croissance des sarments et sur la maturation des raisins. *Thèse Doctorat 3ème cycle*, Bordeaux (197 p.).

DUTEAU J.,1981. Rôle des facteurs climatiques et géologiques en Bordelais. *Actualités oenologiques et viticoles*, Dunod, Paris, 40-44.

GUILLOUX M., 1981. Évolution des composés phénoliques de la grappe pendant la maturation du raisin. Influence des facteurs naturels. *Thèse Doctorat 3ème Cycle* , Bordeaux (125 p.).

JOURJON F., 1990. Influence du sol, du climat et de l'alimentation en eau sur le développement de la vigne, la constitution du raison et la typicité des vins rouges de la moyenne vallée de la Loire. *Thèse Doctorat Oenologie*, Bordeaux (186 p.)

MERIAUX S., ROLLIN H. et RUTTEN P., 1974. Effets de la sécheresse sur quelques phénomènes de croissance de l'appareil végétatif de la vigne. *Conn. Vigne Vin*, **8** (2), 109-128.

MERIAUX S., ROLLIN H. et RUTTEN P., 1979. Effets de la sécheresse sur la vigne. I. Etudes sur Cabernet-Sauvignon. *Ann. Agron.*, **30** (6), 553-575.

MORLAT R., 1978. Description des sols de vignoble sur craie micacée et glauconieuse du Saumurois (Turonien). Caractères agronomiques liés à la viticulture. Sciences du sol. *Bulletin AFES*, **2**, 113-127.

MORLAT R., 1989. Le terroir viticole: contribution à l'étude de sa caractérisation et de son influence sur les vins. Application aux vignobles rouges de la moyenne vallée de la Loire. *Thèse Doctorat*, Bordeaux (2 volumes, 289 p. et annexes).

PEYNAUD E., 1972. IIIème Symposium International d'Oenologie, Afrique de Sud.

POUGET R., 1978. Le cépage et le porte-greffe, facteurs importants de la qualité des vins. *Ann.Technol.Agric.*,**1** , 111-122.

POUX C. et AUBERT S., 1968. Corrélations entre la constitution en composés phénoliques des vins, la température de vinification et les caractéristiques générales de l'année, *Ann. Technol.Agric.*,**17** (4}, 299-313.

PUCHEU-PLANTE B., 1977. Les sols viticoles du Sauternais. Étude physique, chimique et microbiologique. Alimentation en eau de la vigne pendant la maturation et la surmaturation du raisin. *Thèse Doctorat 3ème Cycle*, Bordeaux (165 p.).

PUCHEU-PLANTE B. et SEGUIN G., 1981. Influence des facteurs naturels sur la maturation et la surmaturation du raisin dans le Sauternais en 1978 et 1979. *Conn. Vigne Vin*, **15** (3), 143-160.

RIBEREAU J., et PEYNAUD E., 1960. *Traité d'Oenologie*, Tome I, 71-150, Librairie Polytechnique, Ch. Béranger, Paris.

RIBEREAU-GAYON P.,1972. Évolution des composés phénoliques au cours de la maturation du raisin. II. Discussion des résultats obtenus en 1969,1970 et 1971. *Conn. Vigne Vin*, 161-175.

SALETTE J., MORLAT R., PUISSANT A., ASSELIN C., LEON M., RENOUE M., 1980. Recherche de relations entre le milieu écogéopédologique et le type de vin : cas du vignoble rouge de la Moyenne Vallée de la Loire. Premiers résultats et principaux problèmes. Colloque Franco-Roumain, Relations sol - vigne, Bordeaux (23, 27 juin). INRA éd., Paris

SEGUIN G., 1965. Etude de quelques profils de sols viticoles du Bordelais. *Thèse Doctorat 3ème Cycle*, Bordeaux (107 p.).

SEGUIN G., 1969. L'alimentation en eau de la vigne dans les sols du Haut-Médoc. *Conn. Vigne Vin*, **3** (2), 93-141.

SEGUIN G., 1970. Les sols de vignoble du Haut-Médoc. Influence sur l'alimentation en eau de la vigne et sur la maturation du raisin. *Thèse Doctorat es Sciences Naturelles*, Bordeaux (141 p.).

SEGUIN G., COMPAGNON J. et RIBEREAU-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.*, Paris, t.269, 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.

SIVTZEV M.V et TUTUNNICK V.I., 1966. Dynamique de la synthèse des anthocyanes dans les baies de raisin, In *Bull. Signal. O.I.V.*, 1970, (472), résumé n°3191.

TREIB G., 1967. Cité dans Influence of salt creek rootstock on Shiraz grapes and wines, *Vitis*,**17**, 139-146.

WILLIAMS W.O., 1946. California vineyard fertilizer experimentation. *Proc.Amer.Soc. Hort.Sci.*, **48** ,269-278.