

INFLUENCE DES TERROIRS SUR LA CROISSANCE ET LE DÉVELOPPEMENT DE LA VIGNE EN MILLÉSIME EXCEPTIONNELLEMENT SEC (1990)

M. PENAUVAYRE*, R. MORLAT**, A. JACQUET** et F. BIMONT***

*INRA-URVV, Domaine expérimental de Montreuil-Bellay (France)

**INRA-URVV, rue G. Morel, Beaucozé (France)

***Stagiaire Lycée agricole, Bordeaux-Blanquefort (France)

Résumé : *La croissance et le développement de la vigne ont été suivis en Val de Loire, lors d'une année à fort déficit hydrique. Les résultats ont mis en évidence un effet considérable des terroirs sur l'installation du couvert aérien. En début de cycle végétatif, la vitesse de croissance était liée à la température (air, sol), variable d'un terroir à l'autre. Par la suite, la contrainte hydrique, différente selon les sites, a orienté fortement la cinétique de mise en place de la surface foliaire et son niveau final. Le potentiel photosynthétique global a été réduit dans les terroirs présentant des réserves hydriques moindres et dans lesquels le système racinaire était limité en profondeur.*

INTRODUCTION

Les études poursuivies par l'Unité de Recherches sur la Vigne et le Vin de l'INRA d'Angers, ont permis la mise au point d'une nouvelle méthode de caractérisation intégrée des terroirs viticoles, basée sur la notion de séquence écogéopédologique (MORLAT, 1989). Afin de valider cette approche, un réseau de parcelles (Essai Terroir) a été installé dès 1979 en Val de Loire. Les résultats obtenus sur 6 millésimes très différents ont traduit une influence considérable des terroirs sur la composition des vendanges et les caractéristiques sensorielles des vins.

Un suivi écophysiologique de la vigne a montré que cet effet terroir résidait principalement dans deux grands groupes de variables de fonctionnement qui agissent sur la qualité des vendanges. Il s'agit de la précocité et de l'alimentation en eau qui sont elles-mêmes en relation avec le profil racinaire qui varie significativement d'un terroir à l'autre. Dans les vignobles septentrionaux la précocité prend une importance particulière car l'époque des vendanges est décalée vers la seconde quinzaine d'octobre pour les cépages de seconde génération comme le Cabernet franc.

Des résultats antérieurs ont souligné l'importance des terroirs sur le niveau de précoci-

té (MORLAT, 1983; MORLAT et HARDY, 1986; MORLAT, 1989) et les conséquences sur la cinétique d'élaboration du couvert aérien de la vigne (PINARD, 1988) en l'absence d'une contrainte hydrique. Ainsi, la phénologie est corrélée à la température des pics racinaires, mais cette dernière est aussi en relation avec la température de l'air. L'objet de ce travail est de montrer l'influence d'une alimentation limitante sur les aspects précédents. Dans une publication ultérieure, nous en traiterons les conséquences sur le fonctionnement photosynthétique de la vigne et la maturation du raisin.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

I — PROTOCOLE EXPÉRIMENTAL ET TERROIRS ÉTUDIÉS

Les études ont été réalisées dans le cadre d'un protocole expérimental comprenant 21 parcelles implantées en Val de Loire dans les principaux terroirs des vignobles de Chinon, Bourgueil et Saumur-Champigny. Cette région se caractérise par une pluviométrie annuelle d'environ 600 mm et une température moyenne proche de 11,5°C. Sur le cycle végétatif (1er avril au 30 octobre), ces valeurs sont respectivement de 325 mm et de 15,9°C. Sur le plan géographique et climatique, elle appartient aux vignobles septentrionaux français.

Chaque parcelle compte 100 ceps de la variété Cabernet franc (sélection massale) greffé sur SO4. La vigne, âgée d'une quinzaine d'années, est conduite en rangs palissés à un seul plan foliaire et taillée selon le mode Guyot simple (35.000 yeux/ha). La taille d'hiver est réalisée à la même date, dans la seconde semaine de février. La densité de plantation est de 5.000 souches/Ha (2 m x 1 m). Les rangs sont orientés nord-sud et le sol est maintenu en désherbage chimique intégral. La fertilisation est adaptée au niveau chimique de chaque sol. Les vendanges sont faites le même jour, lorsque les courbes de maturation s'amortissent fortement et annoncent une stagnation future de l'accumulation dans la baie. Ce comportement est très général dans les vignobles que nous étudions.

En 1990, quatre terroirs représentant la variabilité maximale de l'essai ont été spécialement étudiés (tableau I) :

- des sols calcaires sablo-argileux assez minces, situés en pentes faibles à moyennes sur une craie sableuse, glauconieuse et micacée du Turonien moyen (Parcelle 1DAM),
- des sols neutres sur pentes moyennes, à horizons supérieurs épais (90 à 100 cm) très sableux, pour partie colluviaux, qui surmontent des sables argileux du Sénonien (Parcelle 3EL),
- des sols acides sur pentes faibles à moyennes, à horizons supérieurs colluviaux du Sénonien, extrêmement sableux et épais qui reposent vers - 90 cm de profondeur sur des argiles sableuses glauconieuses du Turonien supérieur (Parcelle 2ING),
- des sols resaturés assez épais, qui se développent en sommets de collines sur des grès meulièrement et poudingues de l'Eocène continental. Leur texture est sablo-caillouteuse, surtout en surface (1CHA).

II — LES MESURES EFFECTUÉES

Elles sont faites sur un échantillonnage de 24 souches réparties en huit séries de trois cepes consécutifs tirés au hasard sur quatre rangs dans chaque parcelle.

a) Le poids de bois de taille

Il nous permet de caractériser la puissance du cep qui dépend pour partie des conditions édaphiques. Il est déterminé chaque année, par pesée des sarments de chaque cep, après passage à l'étuve à 105°C. En février 1990, des mesures concernant le diamètre du premier entrenœud du bois laissé à la taille ont eu lieu.

b) Suivi phénologique

Deux notations visuelles par semaine sont effectuées grâce à l'échelle de BAGGIOLINI (1952) pour les stades allant du bourgeon d'hiver (A) à celui des boutons floraux séparés (H).

L'échelle suivante a été utilisée pour la floraison et la véraison :

- Note 1 : moins de 10 p. cent des organes fleuris ou de baies vérées,
- Note 2 : 10 à 30 p. cent,
- Note 3 : 30 à 50 p. cent,
- Note 4 : 50 à 80 p. cent,
- Note 5 : plus de 80 p. cent.

c) Croissance des sarments

Dix sarments ont été choisis au stade H dans chaque site, parmi l'échantillonnage des 24 cepes. Chacun d'entre eux a été palissé verticalement sur un tuteur, puis horizontalement sur un fil disposé au dessus du couvert. Leur longueur a été mesurée deux fois par semaine à l'aide d'un mètre souple.

d) Surface foliaire

Elle a été estimée une fois par semaine, selon la méthode et la technique d'échantillonnage proposées par CARBONNEAU (1976), sur les sarments non rognés utilisés précédemment.

e) Mesures climatiques

Elles sont réalisées dans un abri en bois petit modèle (normes météorologie nationale), placé au centre de chaque parcelle. Il comporte une station automatique CIMEL (type ENERCO 404) à 3 paramètres (température, hygrométrie, vitesse du vent). Une ampoule de Piche permet une lecture hebdomadaire du pouvoir évaporant de l'air.

La radiation globale est mesurée par un pyranomètre CIMEL et cumulée grâce à un intégrateur. Enfin un pluviomètre à lecture directe donne un relevé hebdomadaire de la hauteur de pluie.

TABLEAU I
Principales caractéristiques agronomiques des terroirs étudiés

Parcelles	1DAM						1CHA				
	Ap11 0-20	Ap12 20-40	A/C 40-60	Cca 60-95	R >95	Ap11 0-10	Ap12 10-30	Ap13 30-48	B 48-75	C à R 75-95	
Données analytiques	Horizon en cm										
Caillou Ø 20-200 mm	g/100 g	5,0	2,0	1,7	1,5	0,0	23,0	14,5	8,0	3,0	
Gravier Ø 2-20 mm	g/100 g	2,0	3,0	1,1	1,5	2,0	2,5	19,5	0,0	1,0	
Terre fine Ø < 2 mm	g/100 g	93,0	95,0	97,2	97,0	98,0	74,5	66,0	92,0	96,0	
Argile < 2 µm	g/100 g*	18,7	19,5	23,8	15,6	15,8	8,7	8,4	12,9	7,8	
Limons 2-50 µm	g/100 g*	18,7	17,0	20,0	22,5	20,3	17,0	15,0	5,9	7,2	
Sables 50-2.000 µm	g/100 g*	62,6	63,5	56,2	61,9	63,9	74,3	76,6	81,2	85,0	
Matière organique	g/100 g*	1,43	1,24	—	—	—	1,92	0,91	—	—	
Azote Kjeldhal	g/kg*	0,83	0,74	—	—	—	1,05	0,51	—	—	
C/N		9,00	8,90	—	—	—	10,66	10,39	—	—	
Calcaire total	g/100 g*	18,6	17,1	40,6	59,8	67,0	4,4	0,6	—	—	
pH eau	1/2,5	8,0	8,0	8,3	8,4	8,5	7,9	7,9	7,8	7,9	
P205 Dyer	g/kg*	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
P205 Joret-Hebert	g/kg*	0,60	0,55	—	—	—	0,25	0,12	0,03	—	
Ca échangeable	meq/100 g*	—	—	—	—	—	—	—	5,1	2,3	
K échangeable	meq/100 g*	1,46	1,05	0,42	0,10	0,19	0,69	0,39	0,37	0,20	
Mg échangeable	meq/100 g*	0,94	0,89	0,63	0,35	0,34	1,38	0,48	0,34	0,16	
Na échangeable	meq/100 g*	0,06	0,05	0,05	0,05	0,06	0,04	0,03	0,02	0,02	
C.E.C.	meq/100 g*	10,7	11,2	8,8	5,6	4,5	25,2	10,5	5,8	2,7	
ΣCa/C.E.C.	%	—	—	—	—	—	—	—	100	100	
Masse volumétrie	g/cm ³	1,5	1,5	1,4	1,4	1,4	1,6	1,6	1,65	1,7	
Porosité totale	%	39,5	43,7	48,3	45,4	47,1	38,0	38,0	37,3	34,5	
Résist.méca pénétr.	kg/cm ²	11,2	17,9	17,0	23,2	—	9,9	16,5	15,0	11,2	
Réserve utile en eau	mm**	18,5	16,2	16,6	72,3	—	21,0	13,5	36,9	23,0	

* Résultats sur terre fine séchée à 105°C - ** Calculée sur la terre brute

TABLEAU I
Principales caractéristiques agronomiques des terroirs étudiés (suite)

Parcelles	3EL						2ING					
	Ap11 0-30	Ap12 30-50	A3 50-75	B 75-90	IIBt 90-145	Ap11 0-10	Ap12 10-35	A3/B 35-70	B 70-88	IIB(g) 88-105		
Données analytiques	Horizon en cm											
Caillou Ø 20-200 mm	g/100 g	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
Gravier Ø 2-20 mm	g/100 g	1,0	0,0	0,5	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
Terre fine Ø < 2 mm	g/100 g	99,0	100,0	99,5	99,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0		
Argile < 2 µm	g/100 g*	4,0	3,2	3,6	5,0	2,8	3,3	3,4	3,4	17,8		
Limons 2-50 µm	g/100 g*	8,6	9,0	12,1	15,8	6,2	7,5	5,7	9,9	14,5		
Sables 50-2.000 µm	g/100 g*	87,4	87,8	84,3	79,2	91,0	89,2	90,9	86,7	67,7		
Matière organique	g/100 g*	0,77	0,28	—	—	0,77	0,55	—	—	—		
Azote Kjeldhal	g/kg*	0,41	0,16	—	—	0,37	0,35	—	—	—		
C/N		10,60	10,30	—	—	12,20	9,00	—	—	—		
pH eau	1/2,5	7,8	7,6	7,5	7,7	6,3	4,7	5,6	6,6	5,3		
P205 Dyer	g/kg*	—	—	—	—	0,14	0,12	—	—	—		
P205 Joret-Hebert	g/kg*	0,28	0,11	—	—	—	—	—	—	—		
Ca échangeable	meq/100 g*	6,7	3,6	1,4	1,7	0,6	0,2	0,4	0,7	5,2		
K échangeable	meq/100 g*	0,22	0,14	0,15	0,19	0,27	0,17	0,17	0,19	0,30		
Mg échangeable	meq/100 g*	0,64	0,40	0,23	0,19	0,29	0,12	0,18	0,32	0,79		
Na échangeable	meq/100 g*	0,03	0,02	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,03		
C.E.C.	meq/100 g*	3,4	1,1	1,1	1,8	1,7	1,6	1,3	1,3	6,3		
ΣCat/C.E.C.	%	100	100	100	100	69	31	59	94	97		
Mn facil. réduct.	g/kg*	—	—	—	—	0,04	0,09	—	—	—		
Masse vol apparente	g/cm ³	1,35	1,4	1,5	1,65	1,4	1,5	1,6	1,7	1,7		
Porosité totale	%	46,7	45,5	40,9	34,5	46,0	41,4	41,1	35,8	33,0		
Résist. méca pénétr.	kg/cm ²	0,9	0,9	2,0	2,0	0,6	1,0	0,9	1,1	12,3		
Réserve utile en eau	mm**	13,4	5,7	12,3	10,5	1,6	8,9	16,9	8,5	20,5		

* Résultats sur terre fine séchée à 105°C. ** Calculée sur la terre brute

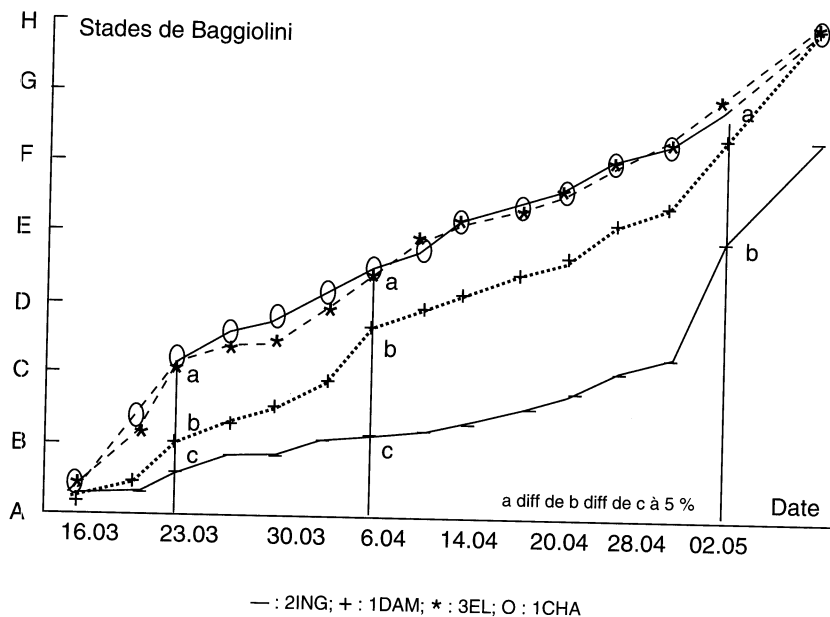


Fig.1. — Évolution des stades phénologiques dans différents terroirs en 1990

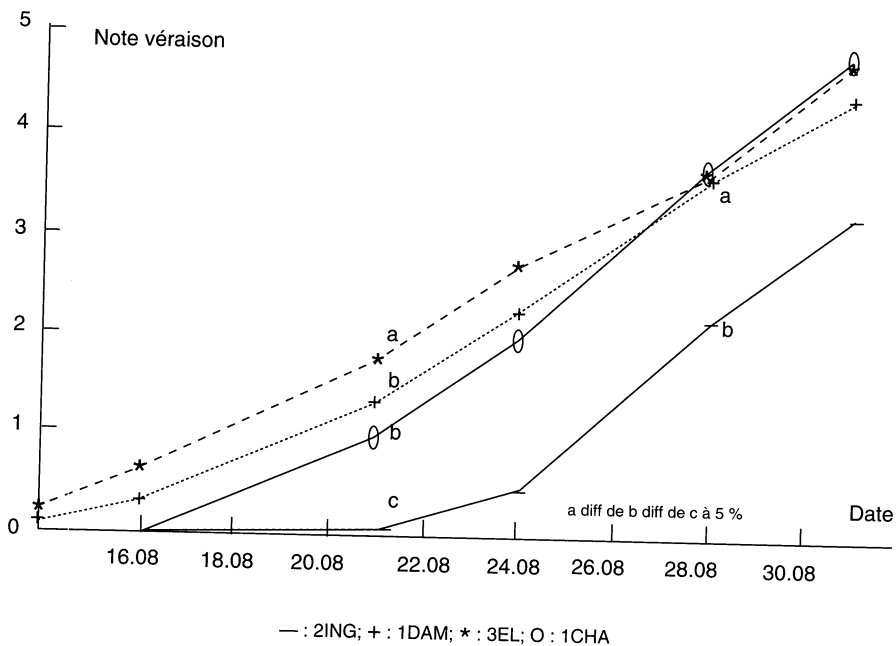


Fig.2. — Évolution de la véraison dans différents terroirs en 1990

f) Consommation en eau de la vigne

Elle a été calculée grâce à des mesures de l'humidité des sols réalisées toutes les quinze jours entre le 5 juin et le 1^{er} octobre sur deux ou trois tubes par parcelle. La méthodologie, utilisant un humidimètre neutronique SOLO 25, a été largement décrite par ailleurs (MORLAT, 1989).

g) Traitement statistique des données

Il est réalisé grâce au logiciel STATITCF. L'ensemble des mesures a fait l'objet d'une analyse de variance à un facteur au seuil de risque 5 p. cent. Elle est complétée par une comparaison multiple des moyennes (NEWMAN & KEULS) au seuil de risque 5 p. cent. Les sorties graphiques et le calcul des corrélations ont été réalisés avec le logiciel CHART.

RÉSULTATS

a) Évolution phénologique

Elle est représentée pour la période comprise entre les stades A et H sur la figure 1. Le décalage de précocité a été exprimé par rapport à une parcelle choisie comme référence (1DAM). Les comparaisons au stade C montrent trois groupes de terroirs qui se différencient:

- deux précoces : 3EL et 1 CHA (stade C atteint le 23 mars 1990),
- le témoin : 1DAM (stade C au 4 avril 1990),
- un tardif : 2ING (stade C au 25 avril 1990).

Ces écarts sont considérables. Entre le 6 avril et le 30 avril, le retard de 2ING a tendance à s'accroître. Mais à partir de fin avril, un rattrapage phénologique très net se manifeste dans ce terroir. Il reste malgré tout partiel puisque le 2 mai, cette parcelle est encore significativement la plus tardive. Au contraire, le décalage de 1DAM par rapport à 3EL et 1CHA reste constant jusqu'au 30 avril, puis disparaît vers le 2 mai.

Au stade de la floraison, le comportement des terroirs reste similaire, les écarts se réduisant toutefois. 2ING montre un retard constant d'environ 10 jours par rapport à 1CHA et 3EL. Par contre, 1DAM montre un rattrapage important vers la fin floraison, tout en restant légèrement plus tardif que 3EL et 1CHA. En début de véraison, il existe trois groupes de parcelles (figure 2) :

- 3EL, terroir significativement le plus précoce (+ 2 jours/1DAM),
- 1DAM et 1CHA un peu plus tardifs,
- 2ING, terroir significativement le plus tardif (- 5 jours/1DAM).

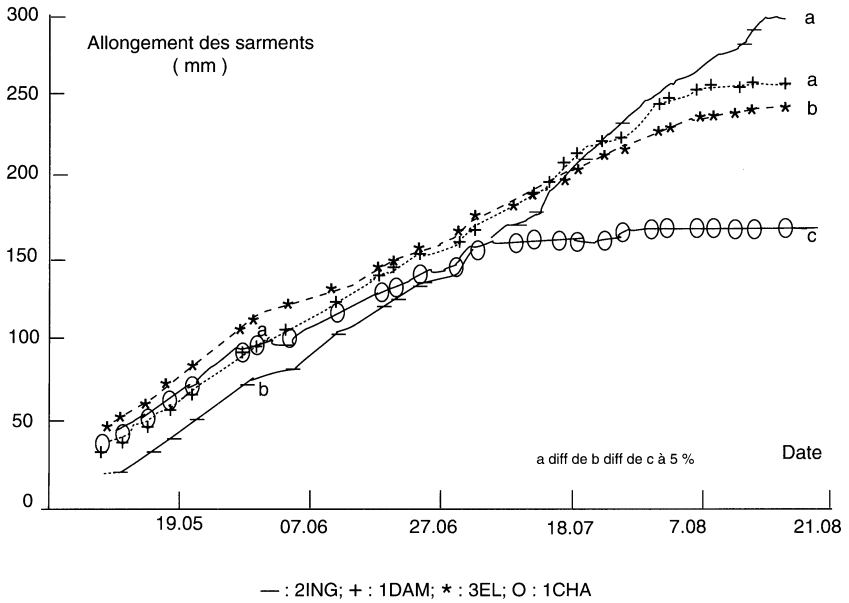


Fig. 3. — Allongement des sarments en fonction des terroirs en 1990

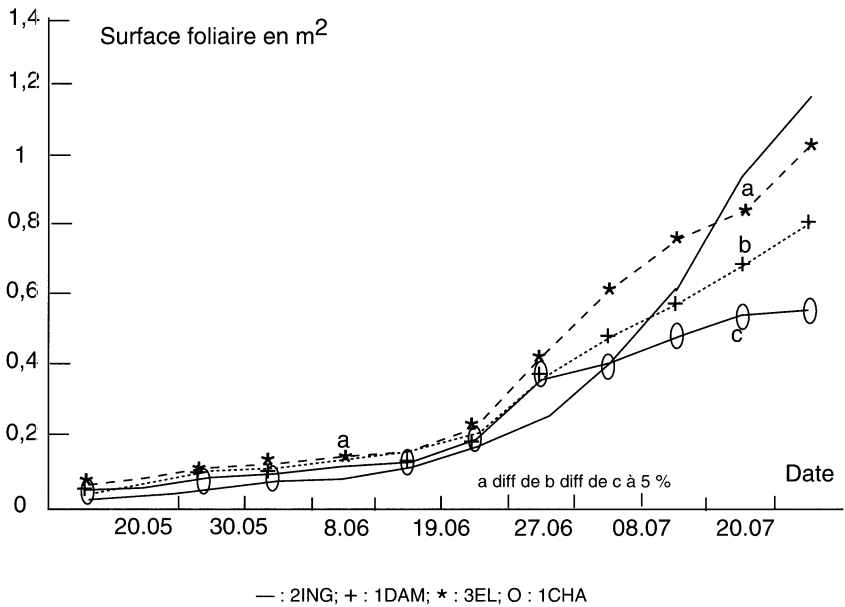


Fig. 4. — Évolution de la surface foliaire totale d'un sarment non rogné, en fonction des terroirs en 1990

A la fin véraison, on assiste à un regroupement de trois terroirs :

- 3EL, 1CHA et 1DAM significativement plus précoces que 2ING.

b) Croissance des sarments

Entre le 8 mai et le 30 juin, seul l'allongement de 2ING est significativement le plus faible (figure 3). Par contre, 1DAM n'accuse plus le retard observé sur les courbes précédentes. A partir du 15 juillet, une individualisation très marquée des cinétiques se manifeste. Cette date marque l'arrêt de croissance du terroir 1CHA, initialement un des plus précoces. Par contre 2ING, le plus tardif, maintient une croissance soutenue jusqu'à fin août. 3EL et 1DAM poursuivent leurs allongements jusqu'à fin juillet. En phase terminale de croissance les différences obtenues sont considérables puisqu'elles varient de 1,7 m (1CHA) à 2,97 m (2ING). Un léger ralentissement de la vitesse de croissance se manifeste pendant la floraison comme l'a déjà observé BERNARD (1980).

Dans le cas de l'année 1990, les conditions thermiques au débourrement expliquent le comportement en début de cycle, mais ensuite c'est le régime hydrique qui intervient prioritairement.

c) Surface foliaire des sarments non rognés

Pendant la première partie du cycle, il n'y a pas de différences significatives entre terroirs (figure 4). Mais la fin juin marque le début d'une modification importante dans la cinétique foliaire. La parcelle 1CHA présente un ralentissement très net, tandis que 2ING a un comportement opposé. Ces deux sites illustrent parfaitement une interaction terroir/climat. A la mi-juillet, il se dégage trois groupes de terroirs :

- 2ING et 3EL avec la surface foliaire significativement la plus forte,

- 1DAM, à comportement intermédiaire,

- 1CHA qui a la surface foliaire la plus faible.

EXPLICATIONS ET DISCUSSION

Les différences importantes de croissance et de développement des parties aériennes de la vigne, relevées entre terroirs, sont explicables en partie par le caractère exceptionnel de l'année 1990. Ce millésime s'inclut dans une série climatique à pluviométrie déficitaire et est lui-même, le plus extrême sur ce plan.

Ainsi, P (1^{er} octobre 1989 - 30 septembre 1990) - ETP (1^{er} avril 1990 - 30 septembre 1990) est de - 360 mm contre + 36 mm dans le cas d'une année moyenne. Il en résulte une diminution très sensible du stock d'eau utilisable par les racines qui doit être modulée selon les caractéristiques édaphiques des terroirs.

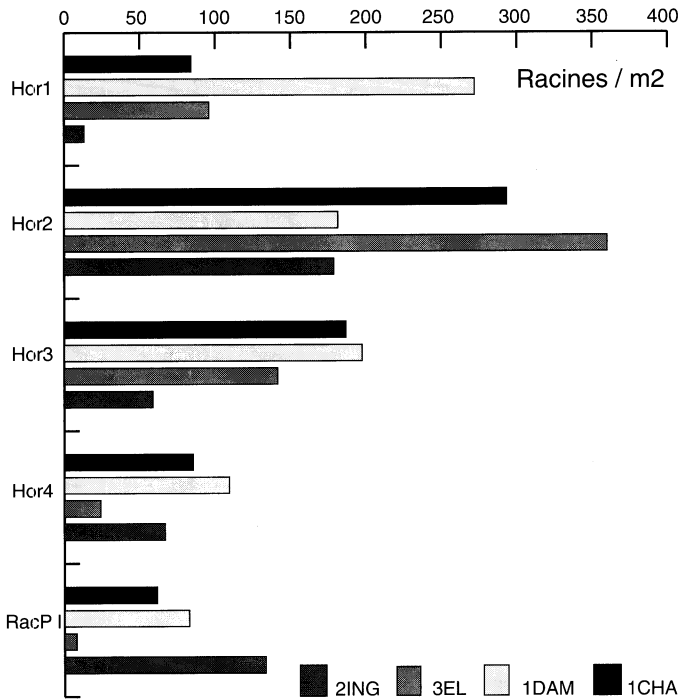


Fig. 5. — Profils racinaires moyens dans les divers terroirs (ligne + interligne, tous diamètres)

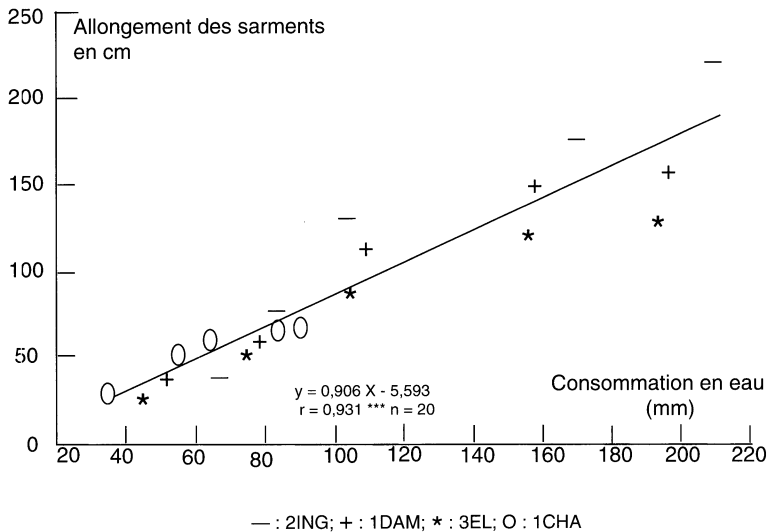


Fig. 6. — Relation entre l'allongement cumulé des sarments et la consommation en eau de la vigne dans divers terroirs, pour cinq périodes différentes du cycle végétatif 1990

Le débourrement particulièrement précoce de certaines parcelles (23 mars pour 1 CHA et 3EL) est en relation avec une clémence thermique inhabituelle de l'hiver. En effet, la température moyenne entre le 1^{er} février et le 31 mars a été de 9,1°C contre 5,7°C habituellement. Au contraire, 2ING n'en bénéficie pas car le stade C y est atteint seulement 1 mois après.

Pendant ce début de cycle, les écarts de température de l'air (données non publiées) entre parcelles, sont insuffisants pour expliquer les variations de précocité. De même, bien que la puissance du cep et le diamètre du bois de taille soient parmi les plus faibles (tableau II) dans 2ING, ils ne semblent pas jouer un rôle favorable suffisamment significatif.

TABLEAU II
Mesure de la puissance et de la vigueur de la vigne
dans divers terroirs (février 1990)

Parcelles	1DAM	3EL	2ING	1CHA
Bois de taille (g/souche)	371,8 a*	367,0 a	287,0 b	277,9 b
Diamètre du bois de taille (cm)	1,1 a	1,0 ab	0,85 b	1,0 ab

* a différent de b au seuil de risque 5 p. cent.

Il est alors plausible de relier ce comportement à l'activité racinaire et aux conditions pédo-climatiques de sa reprise. Des travaux antérieurs en ont souligné l'importance (WOODHAM et ALEXANDER, 1966; KLIEWER, 1975; SKENE, 1967, 1975; NIIMI et TORIKATA, 1978; MORLAT, 1989).

Le profil racinaire particulier de 2ING qui présente une abondance de racines à partir de -90 cm (figure 5) peut expliquer un retard d'activité lié au temps de latence de réchauffement des horizons profonds. Au contraire, c'est le phénomène inverse qui s'observe dans 3EL.

Dès la fin juin, la contrainte hydrique se manifeste dans certains terroirs et modifie profondément le développement de la vigne. L'arrêt de croissance et la quasi stagnation de la surface foliaire dans 1CHA, est en relation étroite avec un stress hydrique (chute d'une partie des feuilles). Ainsi, au 20 juillet, le potentiel hydrique foliaire de base y était déjà significativement plus élevé (en valeurs absolues) que dans les autres parcelles. Par la suite, cette différence s'est considérablement accentuée. Le « décrochage phénologique » du début véraison s'explique de la même manière. Le rattrapage observé par la suite découle d'une réaction racinaire rapide à la pluviométrie, durant cette période. En effet, dans ce terroir, l'enracinement est installé surtout dans les horizons supérieurs d'un sol sablo-caillouteux à

réserves en eau moyenne (tableau I). Ce dernier repose sur un grès meuliérisé compact très peu colonisable (MORLAT, 1989).

2ING montre un comportement totalement inverse. La croissance des sarments et la cinétique foliaire y deviennent maximales à partir de début juillet. En effet, bien que la texture extrêmement sableuse engendre des réserves en eau du sol très réduite (tableau I), le système racinaire plongeant (figure 5) permet une alimentation hydrique non limitante à partir des couches profondes du sous-sol mieux pourvues.

1DAM et 3EL ont un comportement de croissance intermédiaire mais plutôt proche de 2ING.

L'accroissement maximum des sarments avant la floraison, noté par SMART et COOMBE (1983) ne semble pas vérifié dans nos conditions. Ainsi, la vitesse d'allongement des rameaux dans 2ING reste constante et élevée pendant tout le cycle (figure 3).

Afin de quantifier l'influence des réserves hydriques des terroirs sur la croissance de la vigne, nous avons étudié les corrélations existantes entre différents paramètres de la cinétique de croissance du couvert aérien et la consommation en eau du couvert. Pour constituer un échantillon statistiquement interprétable, nous avons fait les calculs sur plusieurs périodes du cycle végétatif (5 pour l'allongement des sarments, 3 pour l'accroissement de la surface foliaire) comprises entre le 5 juin 1990 (date initiale des mesures) et le 14 août 1990 (date finale des mesures sur le couvert aérien), dans les quatre parcelles retenues.

L'allongement cumulé des sarments dépend étroitement du niveau de consommation en eau de la vigne comme l'indique la figure 6. La corrélation entre les deux variables est très bonne ($r = 0,931^{***}$, $n = 20$) et montre que, pour 1990, la contrainte hydrique a été le facteur limitant majeur.

La distribution des terroirs dans le nuage de points (figure 6) traduit clairement les fortes disparités d'alimentation en eau qui existent entre les parcelles. Ainsi dans 1CHA, la consommation est la plus faible et entraîne bien sûr l'allongement le plus réduit, tandis que l'inverse s'observe pour 2ING.

Les mêmes calculs réalisés avec l'accroissement de la surface foliaire ont donné un coefficient de corrélation moindre mais toujours significatif ($r = 0,849^{**}$, $n = 12$).

Les effets importants du régime hydrique sur la mise en place du couvert, en fonction des terroirs (1CHA et 2ING comme extrêmes) vont modifier les capacités photosynthétiques globales de la vigne. Le fonctionnement physiologique de la plante entière y sera également perturbé. En conséquence, la maturation du raisin sera affectée. Dans une publication ultérieure, nous présenterons des résultats relatifs à ces aspects.

Manuscrit reçu le 14 mars 1991; accepté pour publication le 11 juin 1991.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BAGGIOLINI M., 1952. Les stades repères dans le développement annuel de la vigne. *Revue Romande Agric. et Vitic.*, **8**, 4-6.
- BERNARD A.C., 1980. Contribution à l'étude de la biologie et des méristèmes des Vitacées. *Thèse de l'Académie de Montpellier*. Université Sciences et Techniques du Languedoc.
- CARBONNEAU A., 1976. Principes et méthodes de mesures de la surface foliaire. Essai de caractérisation des types de feuilles dans le genre *Vitis*. *Ann. Amélior. Plantes*, **26**, 2, 327-343.
- KLIEWER W. M., 1975. Effect of root temperature on budbreak, shoot growth and fruit set of « Cabernet Sauvignon ». *Amer. J. Enol. Vitic.*, **26**, n°2.
- NIIMI Y., TORIKATA H., 1978. Changes in endogenous plant hormones in the xylem sap of grapevines during development. *J. Jpn. Soc. Hort. Sci.*, **47**, 181-187.
- MORLAT R., 1983. Importance du mésoclimat et du pédoclimat sur le comportement de la vigne et la qualité de la vendange dans les vignobles de la Moyenne Vallée de la Loire. C.R. Atelier Régional d' Angers, Agrométéorologie et Vigne, 4-5 mai 1983, Ed Commission d'Agrométéorologie, 69 p., 6-21.
- 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 d'Etat*. Université Bordeaux II.
- MORLAT R., HARDY P., 1986. Résultats concernant les variations de précocité de la vigne dans le Val de Loire. Importance du pédoclimat thermique. Communication 3è Symposium Physiol. Vigne, Bordeaux, 332-338.
- PINARD C., 1988. Recherche des relations entre la précocité, le développement et le fonctionnement photosynthétique du couvert aérien chez la vigne. *Mémoire ENSSAA*. Dijon. 49 p.
- SKENE K.G.M., 1967. Gibberillin like substances in root exudate of *Vitis vinifera*. *Planta.*, **74**, 250-262.
- SKENE K.G.M., 1975. Cytokinin production by roots as a factor in the control of plant growth. In the development and function of roots. Ed. by J.G. Torrey et D.T. Clarkson. Academic Press., 366-391.
- SMART R.E., COOMBE B.G., 1983. Water relations of grapevines. In water deficits and plant growth. Ed. by T. T. Kozlowski, vol VII, Academic Press, 137-196.
- WOODHAM R.C., ALEXANDER M.C.E., 1966. The effect of root temperature on development of small fruiting Sultana vines. *Vitis.*, **5**, 345-350.