Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin, 1992, **26**, N° 4

INFLUENCE DES TERROIRS SUR LE FONCTIONNEMENT HYDRIQUE ET LA PHOTOSYNTHESE DE LA VIGNE EN MILLÉSIME EXCEPTIONNELLEMENT SEC (1990). CONSÉQUENCE SUR LA MATURATION DU RAISIN.

R. MORLAT**, M. PENAVAYRE*, A. JACQUET**,
C. ASSELIN** et C. LEMAITRE*

*INRA URVV, Domaine expérimental, 49260 Montreuil-Bellay (France)
**INRA URVV, 42, rue G. Morel, 49070 Angers-Beaucouzé (France)

Résumé : *Le fonctionnement hydrique de la vigne, la production et l'évolution de la maturation, ont été suivis pour le cépage Cabernet franc /SO4 en Val de Loire, lors d'un millésime extrêmement sec. Les résultats soulignent l'importance qui revient au type de terroir, dans l'explication du comportement de la plante. Selon les conditions d'alimentation en eau, l'accumulation ou la dégradation des sucres, acides, anthocyanes et polyphénols, ont été largement modifiées. Une trop forte contrainte hydrique, observée dans une parcelle précoce, est apparue défavorable à la maturation pour la plupart des constituants, bien que le volume des baies y ait été fortement diminué. A l'opposé, dans un autre terroir, une alimentation en eau voisine de l'ETM de la floraison aux vendanges et alliée à une faible précocité, n'a pas permis d'atteindre les niveaux de maturité constatés dans des parcelles où la précocité a été meilleure et la consommation moins pléthorique et équilibrée sur les différentes parties du cycle végétatif. L'importance, l'accessibilité des réserves édaphiques en eau, tout comme le type de système racinaire, sont à l'origine des comportements observés.*

INTRODUCTION

De nombreux travaux réalisés ces dernières décennies, ont montré l'importance de l'alimentation en eau sur le fonctionnement de la vigne, la composition des moûts, des vendanges et des vins. Citons entre autres, les études de CARBONNEAU et *al.* (1983); DUTEAU et *al.* (1981); HENDRICKSON et VEIHMEYER (1951); HARDIE et CONSIDINE (1976); KATERJI et *al.* (1987) MERIAUX et *al.* (1977); MERIAUX et PANINE (1986); SEGUIN (1970, 1975); VAN ZYL et WEBER (1977); ZAMBONI et *al.* (1987). Une synthèse relativement complète a en outre été faite sur le sujet par SMART et COOMBE (1983).

Les résultats les plus marquants indiquent, par exemple, que l'alimentation en eau de la vigne est régulée autour d'un optimum assez bas et constant, quelle que soit l'année, dans les grands crus du Bordelais (SEGUIN, 1970, 1975).

Dans certains cas, il est démontré qu'une sécheresse trop accentuée est néfaste à la qualité du raisin. Les performances photosynthétiques sont alors trop amoindries en raison d'une fermeture des stomates, consécutive au stress hydrique. Ainsi, MERIAUX et *al.* (1977) estiment que l'ETR optimum du cépage Grenache serait égale à 66 p. cent de l'ETM. Dans ces conditions expérimentales, tout apport d'eau, inférieur ou supérieur à cette valeur diminue la teneur en sucres.

Dans nos recherches concernant l'effet terroir (ce dernier étant défini comme l'association de facteurs édaphiques et paysagers caractéristiques d'un lieu donné), ce paramètre de fonctionnement de la plante doit être pris en compte. En effet, les caractéristiques hydriques des sols et les profils racinaires, en interaction avec le millésime et le mésoclimat du terroir, déterminent les conditions d'alimentation en eau de la vigne qui elles-mêmes interviennent non seulement sur la photosynthèse, mais aussi sur la distribution des assimilats dans la plante. Un intérêt supplémentaire à aborder ce groupe de facteurs, réside dans le fait que, pour les vignobles français d'Appellation contrôlée, l'irrigation est interdite.

Nos travaux (MORLAT, 1989) ont montré l' existence de certains terroirs (exemple sols sur grès et poudingues de l'Eocène continental) qui produisent des vins dont les caractéristiques sensorielles varient fortement d'un millésime à l'autre. En année sèche (exemple 1982), ils sont jugés par les dégustateurs significativement moins colorés, moins structurés et moins harmonieux qu'en année à pluviosité normale ou élevée (exemple 1980, 1984). Dans d'autres terroirs (exemple sols sur craie tuffeau) ce phénomène ne s'observe pas, si bien que les vins qui en sont issus présentent une bien meilleure stabilité sensorielle, quelle que soit l'année.

Dans le cadre d'une recherche visant à expliquer ces comportements très différents, nous avons abordé les conditions d'alimentation en eau et leurs conséquences sur certains paramètres de fonctionnement de la vigne, dans une large gamme de terroirs, pendant l'année extrêmement sèche 1990. Dans une publication précédente (PENAVAYRE et *al.,* 1991) nous en avons analysé les effets sur la cinétique de mise en place du couvert aérien de la vigne.

Dans ce nouveau mémoire, nous en étudierons les conséquences sur le fonctionnement hydrique et photosynthétique, ainsi que les répercussions sur la maturation du raisin.

MATÉRIELS ET MÉTHODES

I — CADRE DE L'ETUDE

Les travaux ont été menés au sein d'un réseau multilocal comprenant 21 parcelles de Cabernet Franc greffé sur SO4 et situées en Val de Loire, dans les vignobles de Saumur Champigny, Chinon et Bourgueil. En 1990, quatre terroirs représentatifs de la variabilité de l'essai ont été suivis. Une description précise du dispositif expérimental et des conditions de production a été donnée par PENAVAYRE et *al.* (1991). Rappelons succinctement les principales caractéristiques des parcelles et des sols.

Toutes les parcelles possèdent des rangs orientés Nord-Sud. La vigne y est conduite en palissage plan simple à 3 fils et taillée selon le mode GUYOT simple. Le sol est désherbé chimiquement. La densité de plantation est traditionnelle et comprend 5.000 souches/Ha :

- parcelle 1DAM : sol calcaire sablo-argileux, situé sur pente faible, reposant sur une craie sablo-glauconieuse et micacée friable du Turonien moyen;

- parcelle 3EL : sol neutre sur pente moyenne, avec horizons épais (90 - 100 cm), pour partie colluviaux et qui surmontent des sables argileux du Sénonien;

- parcelle 2ING : sol acide sur pente faible, à horizons supérieurs colluviaux du Sénonien, extrêmement sableux et épais, reposant vers -90 cm de profondeur sur des argiles sablo-glauconieuses du Turonien supérieur;

- parcelle 1CHA : sol resaturé assez épais, sablo-caillouteux, sur grès meuliérisés et poudingues de l'Eocène continental, situé en sommet de colline. La particularité de ce terroir est de présenter des surfaces viticoles importantes entourées de ceintures forestières plus ou moins importantes qui modifient certaines variables climatiques comme la vitesse du vent (MORLAT, 1989).

Pour certains résultats issus d'une approche statistique, les données obtenues dans la parcelle 1TUR (sol sur limons des plateaux) ont été intégrées.

II — LES MESURES EFFECTUÉES

1) Potentiel hydrique foliaire de base (Ψ b)

Il représente l'équilibre plante-sol en fin de nuit lorsque les flux d'évapotranspiration ont été pratiquement nuls pendant toute la période nocturne (PERRIER, 1990). Cette grandeur est très représentative du potentiel hydrique moyen de la zone racinaire active (AUSSENAC et FINKELSTEIN, 1983; KATERJI et *al.,* 1988). En principe, il aurait été utile d'accompagner cette mesure de celle correspondant au potentiel foliaire minimum déterminé en cours de journée. Mais la dispersion des parcelles d'essai ne permettait pas, compte tenu des moyens disponibles, de réaliser un suivi comparable dans chacune d'elles.

Dans chaque site, le potentiel foliaire de base a été déterminé sur 8 feuilles primaires, grâce à une chambre à pression (SCHOLANDER et *al.,* 1965). Chacune est prélevée sur une souche différente, dans la partie moyenne d'un sarment médian de la baguette.

2) Photosynthèse nette et transpiration

Les échanges gazeux de la feuille « in situ » ont été déterminés à plusieurs reprises durant le cycle végétatif, à l'aide d'un système de mesure en « circuit ouvert ». Nous avons utilisé une chambre à photosynthèse portable de marque ADC et de type LCA2. Une portion de la feuille est enfermée dans une enceinte transparente d'une surface égale à 6,25 cm^2, équipée de capteurs de température, d'hygrométrie et de rayonnement PAR (radiations du spectre comprises entre 400 et 700 nm, actives sur la photosynthèse).

Une unité de pompage alimente la chambre avec un débit d'air défini, dans lequel les teneurs en CO_2 et H_2O sont connues. L'analyseur mesure, pour ces composés, la différence de concentration entre l'entrée et la sortie de la chambre. Celle-ci, reliée à l' analyseur infrarouge de CO_2, est connectée à un micro-ordinateur qui assure le pilotage de l'ensemble et la collecte des données. Ce dernier calcule la transpiration, la conductance stomatique et la photosynthèse nette. Les mesures sont faites sur des feuilles primaires de l'enveloppe externe du couvert, choisies dans trois zones du sarment :

- zone basale correspondant au 1/3 inférieur du sarment;
- zone médiane du sarment;
- zone apicale (1/3 supérieur du sarment).

Pour la mesure, les feuilles sont orientées à 90° par rapport à l'incidence des rayons solaires. 18 feuilles (3 feuilles/sarment x 6 sarments) constituent l'échantillon retenu dans chaque parcelle.

Des travaux antérieurs (PENAVAYRE et LEMAITRE, 1990) ont permis de préciser les périodes de la journée pendant lesquelles les niveaux d'activité physiologique foliaire fluctuent peu. Deux plages horaires correspondant à 10-12H et 14-16H TSV ont été retenues pour les mesures effectuées seulement lors de journées uniformément ensoleillées.

3) Microclimat lumineux du couvert

Il a été étudié grâce à des profils lumineux établis perpendiculairement à la ligne de plantation et comportant 4 points de mesures entre le centre du couvert et la zone externe du feuillage (distance/centre du couvert : 0 cm, 10 cm, 20 cm, 30 cm).

Nous avons utilisé une cellule photoélectrique PAR de marque LI-COR (type LI 185) qui réagit aux radiations du spectre visible (400-700 nm) actives sur la photosynthèse.

Les mesures ont été réalisées au cours de journées ensoleillées pendant la 1ère quinzaine du mois d'août, à mi-hauteur du couvert. Les résultats sont exprimés en pourcentage (Photon Fluence Rate) d'une mesure témoin effectuée horizontalement au dessus du palissage (SMART, 1985). Compte tenu de l'hétérogénéité du feuillage, 20 répétitions par parcelle ont été nécessaires.

Une série de mesures complémentaires a été faite au niveau de la zone des grappes afin de déceler d'éventuelles différences micro-climatiques consécutives à l'effet d'un stress hydrique.

4) L'entassement du feuillage

Il a été évalué par la méthode de SMART (1988) connue sous le nom de Point Quadrat Method. Une tige rigide est introduite horizontalement dans le couvert et le nombre de contacts avec les feuilles est noté sur le trajet. Les mesures ont été faites pendant la première quinzaine du mois d'août dans la zone des grappes et à mi-hauteur du couvert. Cette donnée permet de connaître la densité de feuillage du couvert et les résultats obtenus peuvent être comparés à ceux des mesures directes de rayonnement PAR.

5) Suivi de la maturation du raisin

A partir de la mi-véraison, un prélèvement hebdomadaire de 600 baies est réalisé sur les 100 souches de la parcelle, en échantillonnant les deux faces de chaque rang. Les déterminations suivantes ont été effectuées :

- poids de 1000 baies (en g);
- acidité totale (en me/l), dosée en présence de bleu de bromothymol;
- acide malique (en me/l), dosé par voie enzymatique avec adaptation à une chaîne d'analyse à flux continu (POUX, 1969);
- acide tartrique (en me/l), dosé par colorimétrie (réaction avec le métavanadate) par la méthode REBELEIN (1961), modifiée en vue de l'utilisation d'une chaîne d'analyse à flux continu (TROSSAIS et ASSELIN, 1985);
- sucres réducteurs (en g/l), déterminés par la méthode de la liqueur de Felhing;
- pH, mesuré au pHmètre;
- anthocyanes, extraites sur les pellicules, par épuisements successifs en milieu HCl à 1 p. cent à 70°C. Les solutions décantées sont centrifugées à 14.000 t/mn et la densité optique est lue à 520 nm (PUISSANT et LÉON, 1967). Les résultats sont exprimés en mg/100 g de baies;
- l'Indice de polyphénols totaux est obtenu à partir des mêmes solutions d'extraction que celles des anthocyanes, grâce à une mesure de l'absorption dans l'ultraviolet faite à 280 nm pour 10 mm de parcours optique (RIBÉREAU-GAYON, 1970). Il est exprimé pour 100 g de baies et pour un volume de 250 ml d'extrait.

6) Mesures climatiques

Elles sont réalisées dans un abri en bois normalisé, petit modèle (normes météorologie nationale), placé au centre de chaque parcelle. Il comporte une centrale automatique CIMEL (type ENERCO 404) enregistrant 3 paramètres (température, hygrométrie, vitesse du vent). La radiation globale est mesurée par un pyranomètre CIMEL et cumulée grâce à un intégrateur. Un pluviomètre à lecture directe donne un relevé hebdomadaire de la hauteur des pluies.

7) Consommation en eau de la vigne

Elle a été calculée grâce à des suivis de l'humidité volumique des sols, réalisés toutes les quinzaines entre le 5 juin et le 1er octobre. Un humidimètre neutronique de type SOLO 25 a été utilisé. Les résultats présentés sont la moyenne des mesures faites sur 2 ou 3 répétitions par parcelle, grâce à des tubes d'accès en aluminium AG3 (41-45 mm).

La masse volumique de chaque horizon a été déterminée par rétrodiffusion du rayonnement gamma émis par une sonde CAMPBELL (type 501), elle-même calée dans des blocs étalons de natures chimiques et de densités différentes, connues (ROSSIGNOL et MORLAT, 1984).

La consommation en eau du système sol/vigne, obtenue sur la profondeur de chaque tube, peut être comparée à une évapotranspiration potentielle (ETP) calculée.

Conscients des limites de la méthode neutronique dans certains cas pour la connaissance de l'ETR, nous avons préféré employer le terme de consommation en eau pour nos résultats. Notons toutefois que l'année 1990 a été particulièrement favorable à la mise en œuvre de cette méthode car, compte tenu de la très faible pluviométrie, les termes drainage et ruissellement ont pu être négligés. Par ailleurs, elle est la seule à permettre le suivi direct de l'évolution de l'humidité dans les différentes couches de sol colonisées par les racines, donnée du plus grand intérêt dans les recherches sur les terroirs.

De même, tout en sachant que la méthode de référence pour le calcul de l'ETP est celle de Penman, nous n'avons malheureusement pu mettre cette dernière en œuvre, par manque d'un certain nombre de paramètres nécessaires à son calcul. Nous avons utilisé la formule de BROCHET-GERBIER (1972) qui reprenant les estimations d'ETP faites à partir de la formule de Penman, découle d'ajustements simples entre :

- le terme radiatif ETP1 et le rayonnement global estimé (1er terme de Penman) ETP1 = moRg;
- le terme advecto-convectif ETP2 et l'évaporation mesurée sous abri avec l'évaporomètre de Piche (2ème terme de Penman) ETP2 =noEp.

L'évaporation Piche est censée intégrer les effets du vent et du déficit de saturation de l'air. Pour cela, les conditions d'emploi de cet appareil doivent être strictement les mêmes d'un site à l'autre, ce qui est le cas dans notre protocole. Moyennant ces précautions d'utilisation, il est reconnu (CHOISNEL, De VILLELE et LACRAZE, 1992) que cette formule de calcul de l'ETP est pour la France à peu près aussi performante que celle de Penman.

Toutes les données ont été traitées par le logiciel MAIN conçu par ROBICHET et MORLAT (1986).

8) Traitement statistique des données

Il a été conduit avec le logiciel STATITCF. Les données brutes concernant le fonctionnement de la vigne et comprenant des effectifs identiques dans chaque parcelle, ont donné lieu à une analyse de variance à un critère, complétée par une comparaison multiple de moyennes (NEWMAN et KEULS) au seuil de risque 5 p. cent. Les sorties graphiques et le calcul des corrélations ont été réalisés à l'aide du logiciel CHART.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

I — RÉGIME HYDRIQUE ET FONCTIONNEMENT PHOTOSYNTHÉTIQUE DE LA VIGNE

1) Evolution du potentiel foliaire de base au cours du cycle végétatif

L'état hydrique de la plante est en relation avec le degré de liaison de l'eau à l'interface sol/racine et il peut s'exprimer par le potentiel hydrique de base (Ψ b). Ce dernier donne une idée de l'énergie que la vigne doit déployer pour s'approvisionner en eau. La régulation stomatique qui s'opère au niveau foliaire, permet à la plante d'adapter son flux transpiratoire en fonction des réserves hydriques dont elle dispose et de la demande climatique.

Le 31 mai 1990, les valeurs moyennes oscillaient entre -0.28 et -0.34 MPa selon les terroirs sans aucune différence (figure 1). A partir du 20 juillet, la parcelle 1CHA s'est détachée significativement en manifestant une diminution importante de son potentiel foliaire de base. Ce comportement s'est accentué dès le début du mois d'août et a continué jusqu'aux vendanges. Pendant cette période, les valeurs atteintes ont été très basses (-1.2 à -1.4 MPa) et une défoliation partielle de la vigne a été observable par la suite. Il est certain que dans ces conditions les potentiels minima (non mesurés), se produisant en milieu de journée, aient atteint et peut-être dépassé des valeurs très basses (de l'ordre de -1.6 MPa) pour lesquelles une fermeture des stomates s'opère (KRIEDEMANN et SMART, 1971; SMART, 1974).

Les autres terroirs (1DAM, 3EL, 2ING) présentaient des potentiels beaucoup plus élevés (-0.3 à -0.4 MPa) et formaient un groupe indifférencié jusqu'à la fin du mois d'août. Par la suite, seule la parcelle 2ING a présenté un bon état hydrique (-0.3 à -0.5 MPa) alors que 3EL et 1DAM ont eu un abaissement significatif de Ψ b; ce dernier variant alors entre -0.6 et -0.8 MPa.

2) La transpiration foliaire pendant le cycle végétatif

Le 30 mai, le régime transpiratoire était identique et non limitant dans tous les terroirs (figure 2). Par la suite, des différences très significatives sont apparues. Ainsi, 1CHA a présenté une réduction de sa transpiration entre le 30 mai et le 24 juillet dont l'ampleur était beaucoup plus grande que celle observée pour Ψ b à partir de la fin du mois de juillet, la décroissance a été beaucoup moins rapide mais continue jusqu'à la mi-septembre. A ce moment, la transpiration foliaire dans cette parcelle n'était que de 0.31 mmole $H_2O/m^2/s$ et donne une idée de l'intensité du stress hydrique puisqu'à la même date, les valeurs dans les autres sites variaient entre 1.19 et 2.64 mmole $H_20/m^2/s$. Le régime transpiratoire était nettement plus favorable dans ces derniers mais des différences significatives sont quand même apparues. Ainsi, 3EL a eu, en moyenne, une transpiration plus faible avec un niveau final assez proche de celui de 1CHA.

La parcelle 2ING présente des valeurs qui fluctuent quelque peu pendant le cycle végétatif mais en se maintenant au niveau le plus élevé. Ainsi, deux maxima atteignant presque 5 mmol d'H_2O /m^2/s s'observent le 3 août et le 24 août.

Le site 1DAM montre un régime transpiratoire plus élevé que celui de 3EL et plus régulier que dans 2ING, avec toutefois la présence d'un maximum au 24 août dont la valeur est très proche de celui observé dans cette dernière parcelle.

Ces fluctuations qui n'existent pas pour 3EL et 1CHA n'ont pas d'explication claire.

3) Fonctionnement photosynthétique de la vigne

Au début de la période de mesures (30 mai) l'activité était très comparable entre les divers terroirs et atteignait des valeurs laissant supposer un fonctionnement optimal, si l'on s'en réfère à la bibliographie (KRIEDEMANN et *al.,* 1975; DOWTON, 1977; KATERJI et *al.,* 1987; ARCHER and STRAUSS, 1990). Mais dès le 24 juillet les parcelles se sont différenciées significativement (figure 3), avec un ordre comparable à celui observé pour la transpiration lequel s'est maintenu jusqu'aux vendanges.

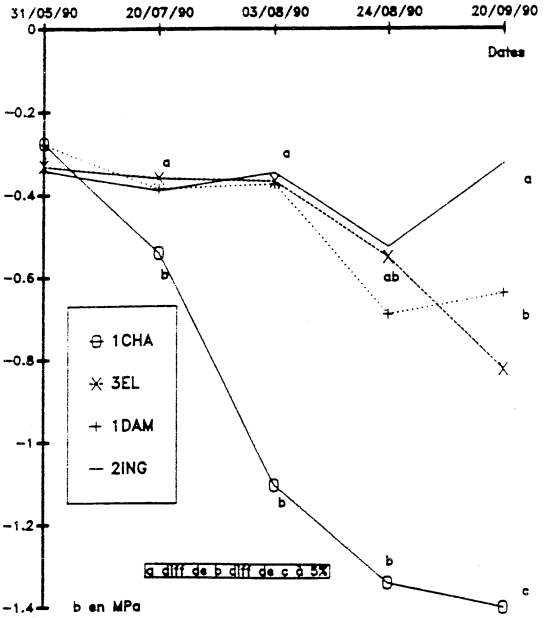


Fig. 1 — Evolution du potentiel foliaire de base pendant le cycle végétatif dans différents terroirs en 1990

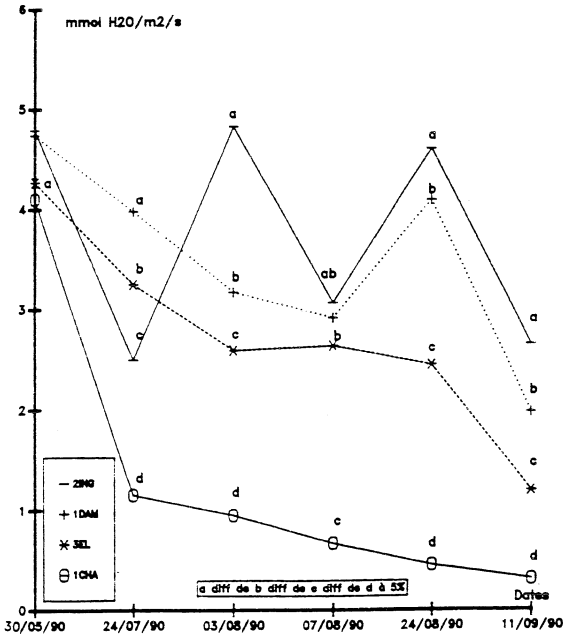


Fig. 2 — Evolution de la transpiration pendant le cycle végétatif dans divers terroirs en 1990

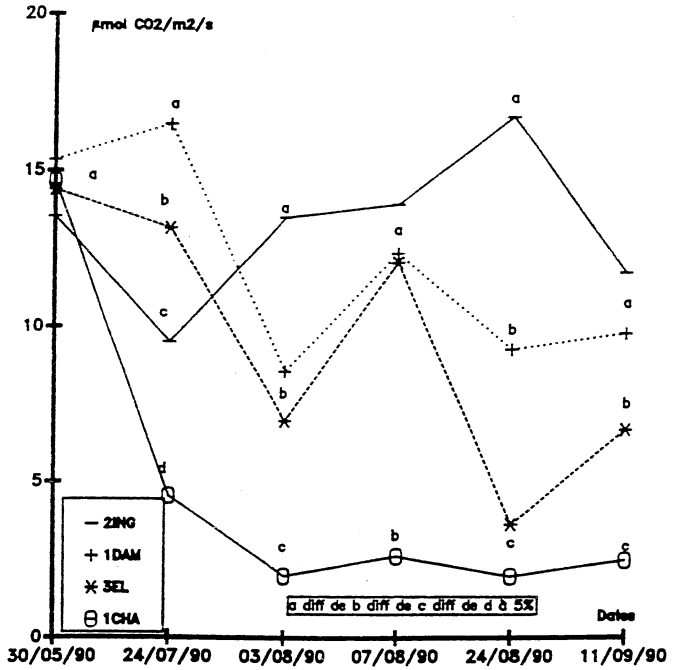


Fig. 3 — Evolution de la photosynthèse nette pendant le cycle végétatif dans différents terroirs en 1990

Dans 1CHA, la vigne a enregistré dès le mois de juillet, une réduction considérable de sa photosynthèse nette (valeurs minimales correspondant à 2.5µmol $CO_2/m^2/s$) qui s'est poursuivie jusqu'à la fin du cycle végétatif, en relation avec l'installation d'un stress hydrique intense. La cinétique de 2ING révèle un phénomène intéressant. Le 24 juillet, la photosynthèse y est significativement plus réduite que dans 3EL ou 1DAM, tandis que le comportement inverse s'observe ensuite jusqu'aux vendanges. Durant les mois d'août et septembre, cette parcelle a montré les activités les plus fortes (> 15 µmol $CO_2/m^2/s$). Il est probable que ce comportement soit dû à la tardiveté de la vigne dans 2ING, qui en juillet possèdait encore des feuilles physiologiquement beaucoup plus jeunes que celles des parcelles 3EL ou 1DAM.

C'est la réaction opposée qui peut être observée dans le terroir 1DAM, puisque la photosynthèse nette la plus forte y a été mesurée en début de cycle. Notons que malgré la diminution d'activité qui s'est produite par la suite, la photosynthèse s'y est maintenue à un bon niveau (figure 3).

Jusqu'au 24 juillet, la photosynthèse a été bonne dans 3EL, mais ensuite des fluctuations, enregistrées dans le contexte d'une diminution globale de l'activité, se sont manifestées. Le 24 août, en période de maturation, la chute de photosynthèse nette a été importante puisque la valeur obtenue n'était pas significativement différente de celle de 1CHA. Le 11 septembre, l'activité photosynthétique s'était quelque peu rétablie car sa valeur était significativement supérieure à celle de 1CHA.

4) Consommation en eau dans les divers terroirs et relation avec le fonctionnement foliaire de la vigne

Les différences importantes observées entre terroirs en ce qui concerne le fonctionnement foliaire, peuvent s'expliquer par les conditions d'alimentation en eau de la vigne. Dans un travail antérieur (PENAVAYRE et *al.*, 1991) nous avions déjà montré l'importance de ce paramêtre sur la phénologie et la mise en place du couvert aérien.

Durant la période de début de cycle, comprise entre le 27 mars et le 5 juin (approximativement entre la sortie des feuilles ou stade D et la floraison), la consommation en eau qui varie de 1,3 à 1,6 mm / jour selon les parcelles, représente de 31 à 38 p. cent de l'ETP BROCHET-GERBIER et s'explique par un indice foliaire encore assez bas . En effet, les valeurs de Ψ b mesurées le 31 mai (figure 1) témoignent d'une alimentation en eau de la vigne non limitante quels que soient les sites. D'ailleurs, la consommation la plus faible (31,2 p. cent de l'ETP) est relevée dans 2ING qui présente effectivement un retard dans la mise en place du couvert aérien (PENAVAYRE et *al.*, 1991). L'alimentation en eau de la vigne a eu lieu presqu'exclusivement à partir des pluies et des réserves accumulées dans le premier mètre de sol, puisque les variations de stock au delà de 1 mètre de profondeur ont été négligeables (tableau I).

Entre la floraison et la véraison (du 6 juin au 28 août), la parcelle 1CHA enregistre une diminution considérable de sa consommation qui représente seulement 1,2 mm /j soit 26 p. cent de l'ETP. Elle s'effectue exclusivement dans le premier mètre de sol, comme le montre la sollicitation infime des réserves profondes (tableau I), en raison du blocage des racines par un grès meuliérisé compact (PENAVAYRE et *al.*, 1991). Les réserves du sol non reconstituées en début de végétation et la faible pluviométrie entre la floraison et la véraison (tableau I), expliquent cette réduction de consommation qui est en accord avec le décrochage net du potentiel foliaire de base de la transpiration et de la photosynthèse.

Dans les autres sites, au contraire, le phénomène inverse s'observe (consommation nettement plus forte qu'en première période) car la surface foliaire s'est accrue et le régime hydrique est resté favorable, comme le confirment les mesures de Ψ b et de la transpiration. Remarquons toutefois que le prélèvement en eau est plus élevé dans 1DAM (3 mm/j) et surtout 2ING (3,1 mm/j) que dans 3 EL (2,7 mm/j), en raison d'une bonne disponibilité des réserves profondes et de l'existence de systèmes racinaires plongeants permettant leur utilisation. Les valeurs obtenues (60 à 65 p. cent de l'ETP) sont probablement de l'ordre de l'ETM vigne pour le mode de conduite considéré, car pendant cette période la surface foliaire a atteint son plein développement.

Du 29 août au 26 septembre, pendant la maturation du raisin, les comportements observés durant la période précédente se sont affirmés. Ainsi, la consommation de 1CHA s'est réduite à un niveau très faible (0,5 mm/j soit 16 p. cent de l'ETP) et a induit un stress hydrique intense de la vigne que nous avons mis en évidence par les mesures foliaires. A l'opposé, les chiffres obtenus dans 2ING (66 p. cent de l'ETP) traduisent un très bon fonctionnement hydrique de la vigne.

TABLEAU I

Éléments de la consommation en eau du système terroir/vigne pendant le cycle végétatif en 1990

Parcelles	1DAM	2ING	3EL	1CHA
du 27 mars au 5 juin Début végétation - Floraison	70 j	70 j	70 j	70 j
Pluie (mm)	86	109	84	74
ETP (mm/j)	4,1	4,0	4,1	3,5
Q (1) (mm)	- 23	6	- 11	- 15
Q (2) (mm)	1	14	- 13	0
Q (1 + 2) (mm)	- 22	20	- 24	- 15
Consommation (1) (mm/j)	1,6	1,5	1,4	1,3
Consommation (1) (mm/j)	0,0	-0,2	0,2	0,0
Consommation (1 + 2) (mm/j)	1,6	1,3	1,6	1,3
Consommation (2)/ETP x 100	0,0	0,0	4,9	0,0
Consommation (1 + 2)/ETP x 100	37,4	31,2	38,3	36,7
du 6 juin au 28 août Floraison - Véraison	85 j	85 j	85 j	85 j
Pluie (mm)	73	91	61	62
ETP (mm/j)	5,0	4,9	5,0	4,5
Q (1) (mm)	- 81	- 84	- 67	- 30
Q (2) (mm)	- 99	- 93	- 106	- 8
Q (1 + 2) mm	- 180	- 177	- 173	- 38
Consommation (1) (mm/j)	1,8	2,0	1,5	1,1
Consommation (2) (mm/j)	1,2	1,1	1,2	0,1
Consommation (1 + 2) (mm/j)	3,0	3,1	2,7	1,2
Consommation (2)/ETP x 100	23,5	22,6	24,9	2,0
Consommation (1 + 2)/ETP x 100	59,8	64,8	55,0	25,8
Du 29 août au 26 septembre Véraison - Vendanges	30 j	30 j	30 j	30 j
Pluie (mm)	3	9	3	5
ETP (mm/j)	3,4	3,4	3,45	3,2
Q (1) (mm)	- 12	- 10	- 11	- 5
Q (2) (mm)	- 34	- 49	- 26	- 6
Q (1 + 2) mm	- 46	- 59	- 37	- 11
Consommation (1) (mm/j)	0,5	0,6	0,4	0,3
Consommation (2) (mm/j)	1,1	1,6	0,9	0,2
Consommation (1 + 2) (mm/j)	1,6	2,2	1,3	0,5
Consommation (2)/ETP x 100	32,9	47,5	25,6	5,5
Consommation (1 + 2)/ETP x 100	47,9	65,8	38,2	15,7
Indice de régulation hydrique (MORLAT, 1989)*	4,3	2,7	4,5	2,5

(1) Tranche de sol comprise entre 0 et -1 m; (2) Tranche de sol entre - 1 m et la base des tubes;
Q = Variation du stock d'eau; *voir définition dans le texte

Dans le site 1DAM on enregistre une réduction modérée de la consommation en eau. Ce phénomène est à relier à une moins bonne accessibilité des réserves (eau capillaire plus énergiquement liée) et à un maillage d'exploitation volumique racinaire plus faible, en profondeur, que dans le cas de 2ING. Pour 3EL, un certain stress s'est installé en raison d'une diminution sensible des réserves en eau mobilisables dans les deux premiers mètres de sol par un système racinaire dont la fraction plongeante est faible. Pendant cette période très sèche (moins de 10 mm de pluie), une large part de la consommation en eau a été assurée, dans les terroirs qui le permettaient, par des réserves profondes (tableau I) exploitées par un système racinaire plongeant (1DAM, 2ING).

Il faut remarquer que l'ETP calculée pour le site 1CHA, est toujours plus basse que dans les autres parcelles, en raison d'une vitesse du vent moindre. Cette caractéristique est semble-t-il à relier, pour cet endroit installé en sommet de butte, à l'effet de la présence d'une ceinture forestière.

Dans le contexte de nos résultats obtenus en milieu naturel, la corrélation déjà connue entre photosynthèse nette et transpiration foliaire apparait nettement sous forme d'une relation linéaire (figure 4a). Le niveau de transpiration foliaire varie inversement à celui du potentiel hydrique de base (figure 4b) selon un ajustement mathématique non linéaire. En toute logique, il aurait mieux valu calculer la relation en utilisant le potentiel foliaire minimal déterminé en milieu de journée. Mais malheureusement, compte tenu de la dispersion des parcelles et des moyens disponibles, la mesure de ce paramêtre n'aurait pas été très rigoureuse. D'après la relation obtenue, la transpiration diminue plus rapidement pour la gamme des faibles potentiels de base comprise entre 0,2 et 0,6 MPa (valeurs absolues).

Ces deux relations illustrent donc le rôle prépondérant du niveau d'alimentation en eau sur la photosynthèse nette, pour des conditions pluviométriques limitantes. Nous avons pu le vérifier pour la gamme des terroirs étudiés et pour différentes périodes (figure 4c). Notons que dans les conditions d'un stress hydrique (1CHA et 3EL) et pour le pas de temps de mesure adopté, des pluies de faible intensité (5 à 10 mm) ne semblent pas avoir eu d'effet notable sur l'activité photosynthétique.

II — PRODUCTION ET MATURATION DU RAISIN : LIAISON AVEC LE RÉGIME HYDRIQUE DE LA VIGNE

1) Données concernant la production de raisins

Malgré une régulation de la charge laissée à la taille et un éclaircissage après la nouaison, deux groupes de terroirs se sont individualisés (tableau II) vis-à-vis du rendement. Le poids de récolte est significativement plus faible (1,8 kg/cep) dans la parcelle 1CHA, par rapport à ceux de 1DAM (2,8 kg/cep) 2ING (2,7 kg/cep) qui sont élevés et surtout 3EL (3,1 kg/souche). Cela représente une production de raisin à l'hectare théorique respectivement de 9 T, 13,5T, 14 T et 15,5 T pour 1CHA, 2ING, 1DAM et 3EL. Ces rendements exceptionnellement élevés sont largement liés aux conditions climatiques de l'année (phénomène déjà observé en 1982) mais aussi à la relative jeunesse de la vigne (15 à 17 ans en moyenne) et au matériel végétal sélectionné nécessaire pour des raisons d'homogénéité intra-par-

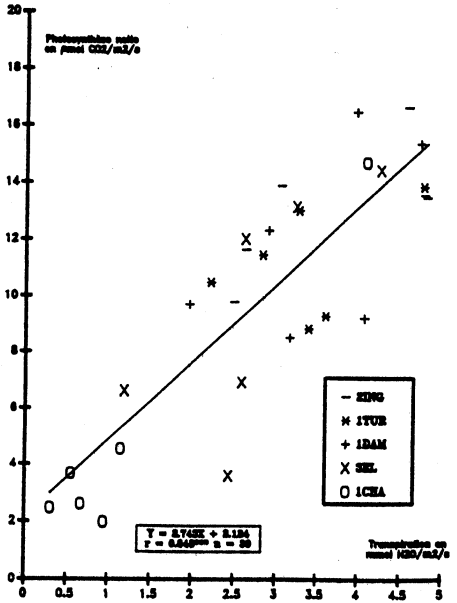


Fig. 4a — Relation entre la photosynthèse nette et la transpiration foliaire de la vigne dans divers terroirs, durant le cycle végétatif 1990

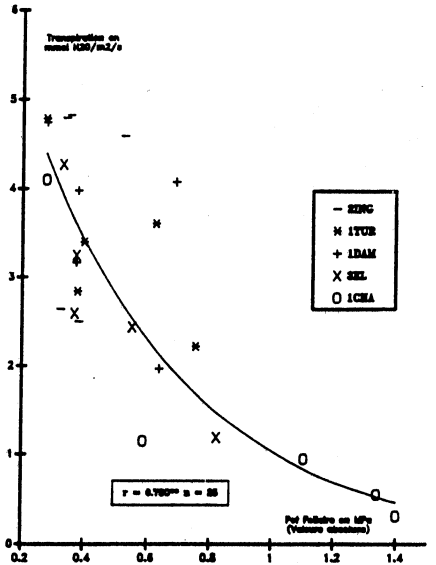


Fig. 4b — Relation entre la potentiel hydrique foliaire de base et la transpiration foliaire de la vigne dans divers terroirs, durant le cycle végétatif 1990

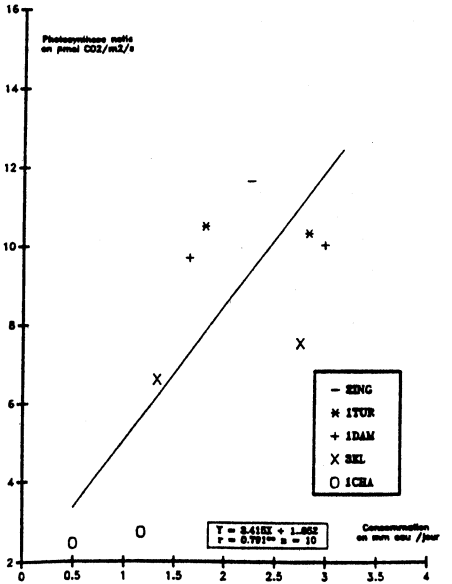


Fig. 4c — Relation entre la photosynthèse nette et la consommation en eau de la vigne dans divers terroirs, entre le 5 juin et le 11 septembre 1990

TABLEAU II

Composantes du rendement dans les terroirs étudiés en 1990

Parcelles	3EL	1DAM	2ING	1CHA
Rendement (Kg/cep)	3,1 ab	2,8 ab	2,7 b	1,8 c
Nombre de grappes /cep	13,9 ab	14,7 ab	12,8 b	12 b
Poids d'une grappe (en kg)	0,24 a	0,20 b	0,21 ab	0,15 c

a diff. de b diff. de c au seuil de risque de 5 p. cent

celle mais nous le savons bien, malheureusement trop performant sur le plan de la production (aucune coulure ni millerandage, grappes avec un nombre de baies trop important). La faible efficacité de l'éclaircissage est liée probablement à l'existence de quelques grappes de seconde floraison initiées sur les premiers entrecoeurs de la base des sarments et surtout à des phénomènes de compensation (augmentation du poids des baies) incontrôlables sur les grappes restantes, particulièrement dans les terroirs 1DAM, 2ING et 3EL. En effet, le poids moyen d'une grappe de Cabernet Franc est en moyenne, dans la région, de 0,16 kg, alors que celui calculé pour la plupart des parcelles, en 1990, oscillait entre 0,20 et 0,24 kg. Un éclaircissage plus tardif (avant véraison) aurait peut-être été plus judicieux, mais avec le risque d'un effet pernicieux sur la répartition des assimilats. Ces problèmes de maîtrise de production sur vignes jeunes sont bien connus de tous les expérimentateurs français et constituent l'un des principaux problèmes à résoudre en viticulture.

Le plus faible rendement constaté dans le terroir 1CHA (néanmoins tout à fait correct pour une AOC) s'explique par une tendance à une diminution du nombre moyen de grappes par souche et une réduction significative du poids de la grappe. Ceci est en relation avec un poids et un nombre de baies par grappe moindres (tableau III) tandis que le phénomène inverse s'observe dans 3EL. Ainsi, la vigne de la parcelle 1CHA a réagi au stress hydrique en réduisant à la fois sa biomasse foliaire (PENAVAYRE et *al.*, 1991) et sa production.

Le millésime 1990 fait suite à l'année 1989, elle-même déficitaire en eau et pendant laquelle la vigne du site 1CHA avait déjà montré des symptômes de sécheresse. La vigueur et la puissance en ont été fortement affectées puisque par exemple le poids de bois de taille élaboré en 1989 n'a été que de 0,28 kg/cep contre une moyenne de 0,39 kg/cep calculée entre 1979 et 1986 (MORLAT, 1989). Cette diminution importante de puissance en 1989 a pu abaisser la fertilité en 1990, en raison de la liaison bien connue entre ces deux paramêtres (HUGLIN, 1958). Par ailleurs, le stress hydrique déjà présent pendant la première phase de développement des grappes a réduit la taille des baies en limitant les divisions cellulaires du péricarpe (COOMBE, 1960; HARRIS et *al.*, 1968).

TABLEAU III

Evolution des principaux constituants des baies dans les divers terroirs lors de la maturation 1990

Déterminations parcelles	Pluie (en mm)	Poids de 1.000 baies (g)	Sucres (g/l)	Acidité totale (me/l)	Acide malique (me/l)	Acide tartrique (me/l)	pH	Anthocyanes* mg/100 g	Indice polyphénols totaux
1DAM									
20/08		868	84,7	320,4	198,5	120,0	2,50	6,5	12,0
27/08	10	1.000	114,7	206,1	96,1	89,5	2,83	26,7	11,4
03/09	0	1.147	147,8	128,6	59,0	82,8	3,16	79,5	19,2
10/09	0	1.220	175,1	93,9	45,5	48,8	3,18	113,6	23,1
17/09	0	1.298	194,0	71,4	33,1	40,1	3,32	143,5	25,9
24/09	3	1.296	209,8	85,7	30,3	57,0	3,36	153,2	26,0
01/10	17,5	1.357	213,1	75,5	35,0	50,4	3,32	151,8	25,8
2ING									
20/08		882	51,2	393,9	309,2	124,7	2,67	1,3	7,6
27/08	5	998	88,5	306,1	195,2	102,2	2,74	7,1	10,9
03/09	0	1.137	131,7	187,8	94,8	91,8	3,17	42,3	14,4
10/09	0	1.235	157,6	136,7	85,8	50,2	3,10	72,7	16,9
17/09	0	1.264	185,1	110,2	62,7	60,2	3,25	116,6	22,0
24/09	9	1.371	198,5	104,1	50,0	58,3	3,34	127,5	23,3
01/10	20	1.329	205,3	79,6	59,0	47,1	3,46	134,9	23,6

*Calculés pour 100 grammes de baies

TABLEAU III (suite)

Déterminations parcelles	Pluie (en mm)	Poids de 1.000 baies (g)	Sucres (g/l)	Acidité totale (me/l)	Acide malique (me/l)	Acide tartrique (me/l)	pH	Anthocyanes* mg/100 g	Indice polyphénols totaux
3EL									
20/08		1.022	93,7	277,6	211,9	114,2	2,61	12,2	12,5
27/08	2	1.171	118,9	163,3	89,3	83,8	2,97	22,7	10,7
03/09	0	1.310	145,5	134,7	56,0	99,8	3,21	72,9	18,3
10/09	0	1.399	164,1	98	38,8	72,4	3,28	106,1	22,0
17/09	0	1.432	188,4	91,8	29,9	71,9	3,20	129,7	24,4
24/09	2,5	1.470	191,8	85,7	37,3	59,8	3,37	142,7	25,6
01/10	18	1.418	205,3	71,4	31,4	60,3	3,45	162,0	27,5
1CHA									
20/08		720	89,6	246,9	177,6	100,6	2,89	8,3	15,4
27/08	2	771	108,4	163,3	80,3	91,3	3,04	28,2	18,0
03/09	0	835	130,6	95,9	37,3	75,8	3,34	67,2	22,3
10/09	0	887	152,1	67,3	26,9	50,0	3,41	99,9	25,9
17/09	0	986	168,5	55,1	22,4	45,1	3,52	123,2	27,5
24/09	4,5	1.128	180,7	61,2	17,9	63,1	3,57	135,0	27,7
01/10	18	1.103	188,4	49	24,6	53,0	3,62	142,6	26,5

*Calculés pour 100 grammes de baies

2) Données concernant la maturation du raisin

Les teneurs concernant les principaux constituants de la baie, mesurées en début de maturation (20 août), révèlent des différences considérables entre terroirs (tableau III). Les écarts les plus importants concernent les sucres réducteurs, les acides organiques et l'indice de polyphénols totaux. Ils sont à relier au niveau de précocité de la vigne qui varie selon les sites et que nous avons mis en évidence par le suivi phénologique (PENAVAYRE et *al.*, 1991). Cest dans le terroir 2ING que les concentrations de départ étaient les plus basses. Dans cette parcelle, la vigne était effectivement beaucoup plus tardive (PENAVAYRE et *al.,* 1991), quel que soit le stade phénologique considéré.

Le poids de 1.000 baies est nettement plus faible dans la parcelle 1CHA et s'explique par le stress hydrique important qui s'est poursuivi jusqu'aux vendanges (tableau I). Les baies sont beaucoup plus grosses dans 2ING, 1DAM et surtout dans 3EL, sans que cela traduise les conditions d'une meilleure qualité du raisin.

L'évolution des sucres réducteurs montre le fort rattrapage qui s'est produit dans la parcelle 2ING, qui a présenté des teneurs finales pratiquement comparables à celles de 1DAM et 3EL. Malgré un bon niveau de départ, l'accumulation des sucres pour 1CHA a été la moins rapide, si bien que la concentration finale était nettement inférieure à celle des autres sites, en fin de maturation (tableau III).

Les teneurs en acide malique discriminent bien le site 2ING dans lequel les baies ont des taux beaucoup plus élevés. A l'opposé, c'est dans la parcelle 1CHA que ceux-ci sont les plus faibles, atteignant un niveau particulièrement bas (24,6 me/l) en fin de maturation (tableau III).

L'acide tartrique montre, quel que soit le terroir, une diminution relativement limitée jusqu'au 3 septembre. Ensuite une décroissance plus nette se produit (tableau III). Les valeurs sont en moyenne les plus élevées dans 3EL et généralement les plus faibles dans 1DAM et 1CHA. Dans la parcelle 2ING la concentration en acide tartrique a diminué beaucoup plus que dans les autres terroirs. En début de maturation, on y observait la teneur la plus importante; mais la plus faible aux vendanges.

Le pH du moût était plus élevé dans la parcelle 1CHA, en raison d'une acidité totale particulièrement basse (49 me/l). Il constitue un facteur d'instabilité potentielle du vin et une cause d'évolution prématurée des composés de la couleur.

La quantité de composés anthocyaniques est nettement plus réduite dans 2ING. La différence est très marquée entre le 27 août et le 17 septembre. Au contraire, c'est le site 1DAM qui en a synthétisé le plus, sauf au 1er octobre où l'augmentation dans 3EL a été plus importante. Malgré un des meilleurs niveaux de départ constaté en septembre, l'accumulation des anthocyanes a été moins rapide dans les baies de la parcelle 1CHA, si bien que la teneur finale n'est que légèrement supérieure à celle de 2ING, mais inférieure de 10 à 20 mg/100g de baies à celles observées dans 1DAM et 3EL (tableau III).

L'indice de polyphénols totaux discrimine la parcelle 2ING moins bien pourvue et à l'opposé 1CHA nettement plus riche sauf en fin de maturation, où elle équivaut à 1DAM. Au contraire, un regain d'accumulation, comme pour les anthocyanes, caractérise la parcelle 3EL.

3) Relations entre maturation et régime hydrique

Il apparait donc clairement que la maturation du raisin a été largement influencée par le régime hydrique de la vigne, variable d'un terroir à l'autre. L'accumulation des sucres et des anthocyanes a été entravée dans la parcelle 1CHA, suite à la réduction de photosynthèse causée par le stress hydrique. Les données bibliographiques (HARDIE et CONSIDINE, 1976; HENDRICKSON et VEIHMEYER, 1951), soulignent l'effet positif d'une alimentation en eau réduite sur la synthèse des anthocyanes. Dans les conditions du terroir 1CHA, il est probable que le stress hydrique était trop marqué pour que la vigne y produise la plus forte quantité d'anthocyanes . Même si certains facteurs reconnus comme favorables à cette synthèse (arrêt de croissance précoce, concurrence vis-à-vis de la phénylalanine probablement sollicitée vers la synthèse phénolique) semblaient réunis dans cette parcelle, la réduction de la quantité de sucres produite a pu être déterminante. Il faut ajouter que le rapport surface foliaire/poids de récolte, en raison de la réduction de croissance de biomasse aérienne engendrée par le stress hydrique, y était aussi le plus défavorable à la production d'une vendange de qualité. En effet, à la fin septembre la surface foliaire totale par souche n'était que de 2,09 m^2 dans 1CHA contre 3,6 m^2 dans 1DAM et 4,1 m^2 dans 2ING.

Dans ce site, l'entassement du feuillage (mesuré par la méthode de SMART, 1988) au niveau de la zone des grappes était plus faible (tableau IV) en raison d'un développement foliaire moindre et même d'une défoliaition partielle pendant la maturation, consécutive aux effets du stress hydrique. En conséquence, la perméabilité du couvert au rayonnement lumineux était la meilleure (tableau IV) puisque l'éclairement mesuré (par une cellule photoélectrique) au centre de la souche dans la zone des grappes, était significativement supérieur. A priori, la température des grappes ainsi plus exposées au soleil devait être supérieure à celle des autres parcelles. Cette considération peut permettre d'expliquer, en complément de l'effet de la faible vigueur de la vigne, les très faibles acidités totales et tout particulièrement celle en acide malique dont la dégradation est stimulée par la température.

La synthèse des polyphénols totaux semble avoir été stimulée par la contrainte hydrique. L'indice les concernant était nettement plus élevé pendant toute la maturation dans 1CHA et a fortement augmenté aux vendanges dans 3EL. Ces observations confirment les résultats déjà obtenus par d'autres auteurs (BOURZEIX et *al.*, 1977).

En utilisant les résultats des mesures neutroniques, nous avons calculé un indice (I) de régulation hydrique intra-annuel (tableau I). Celui-ci, proposé par MORLAT (1989) a été établi, pour chaque parcelle, à partir des résultats du rapport consommation en eau/ETP obtenus sur les trois grandes périodes du cycle végétatif (début végétation-floraison, floraison-véraison, véraison-vendanges). La formule suivante est utilisée : $I = 1/\sigma n/x)$ où x représente la moyenne des résultats de consommation /ETP obtenus sur les trois périodes et σn l'écart type relatif à cette moyenne.

TABLEAU IV

Différents types de mesures microclimatiques réalisées les 9 et 10 août 1990 dans les divers terroirs

Parcelles		1CHA	1DAM	2ING	3EL
	Distance de mesure/au centre du couvert				
Pourcentage d'éclairement mesuré par une cellule P.A.R. et intercepté dans la zone médiane du palissage	0 cm	10 a	7 a	4 a	9 a
	10 cm	31 a	22 a	25 a	14 a
	20 cm	78 a	58 a	51 a	47 a
	30 cm	93 a	95 a	83 a	86 a
	Distance de mesure/au centre du couvert				
Pourcentage d'éclairement mesuré par une cellule P.A.R. et intercepté dans la zone des grappes	0 cm	12 a	2 b	4 b	4 b
	10 cm	14 a	27 a	21 a	36 a
	20 cm	50 a	40 a	61 a	54 a
	30 cm	83 a	85 a	86 a	87 a
Nombre de feuilles interceptées dans la zone médiane du palissage par la méthode Point Quadrat		2,6 a	2,9 a	2,8 a	2,6 a
Nombre de feuilles interceptées dans la zone des grappes par la méthode Point Quadrat		1,9 a	2,4 ab	3 b	2,5 ab

a diff. de b au seuil de risque 5 p. cent

L'intérêt de cet indice réside dans son caractère synthétique, permettant avec un seul chiffre de caractériser le niveau de stabilité de l'alimentation en eau de la vigne sur l'ensemble du cycle végétatif. Par ailleurs, compte tenu de sa nature, il n'est pas sujet à des variations climatiques ponctuelles (pluies limitées par exemple) pouvant affecter d'autres types de mesure comme le potentiel foliaire de base par exemple et qui demandent aussi une grande rigueur temporelle dans leur mise en oeuvre.

Les valeurs font apparaître très nettement deux groupes de terroirs :

- Les parcelles 3EL et 1DAM qui présentent les indices les plus élevés (respectivement de 4,5 et 4,3), témoins d'une meilleure régulation de l'alimentation en eau de la vigne. C'est aussi dans ces sites que la qualité de la maturation a été la meilleure;

- Les parcelles 2ING et 1CHA pour lesquelles l'indice de régulation hydrique (respectivement de 2,7 et 2,5) est nettement plus bas et traduit des variations considérables du régime hydrique de la vigne selon les périodes du cycle végétatif. L'accumulation des sucres et anthocyanes dans les baies, particulièrement dans la parcelle 1CHA, y a été effectivement limitée. Le déterminisme de cette mauvaise régulation hydrique est différent entre les sites 1CHA et 2ING. Dans le premier cas, il s'agit de l'installation progressive d'un stress hydrique au cours du cycle végétatif lié à l'épuisement des réserves exploitables, au cours d'un millésime très sec. Dans le second, le phénomène est à relier à un fort retard phénologique, responsable d'un décalage calendaire notable de l'activité de croissance de la vigne et de la maturation. Il en résulte une faible consommation en eau pendant la période début de végétation-floraison, car l'indice foliaire est réduit. Les réserves en eau du sol (de surcroît parmi les plus fortes) sont encore peu utilisées au début de la seconde période (floraison-véraison) pendant laquelle, dans ce terroir, la vigne installe véritablement son couvert aérien. En effet, entre fin juillet et fin août l'allongement des sarments est très actif dans ce site tandis qu'il est pratiquement stoppé ailleurs (PENAVAYRE et *al.*, 1991). Dans ces conditions, il y a concurrence pour l'utilisation des assimilats entre la production de biomasse aérienne et accumulation dans les baies, aux dépens de cette dernière. La synthèse des anthocyanes et tanins est réduite. Celle en acides organiques est au contraire stimulée.

CONCLUSION

Les résultats présentés dans cette communication montrent les différences considérables de régime hydrique de la vigne qui existent entre les principaux terroirs de Moyenne Vallée de la Loire, au cours d'un millésime (1990) exceptionnellement sec. Sur grès et poudingues de l'Eocène continental, les réserves hydriques exploitables par l'enracinement, limitées par l'épaisseur de sol meuble (1,2 m) et sa texture sablo-caillouteuse, n'ont pas suffi à un approvisionnement correct en eau de la vigne. Un stress hydrique sévère s'est installé dès la floraison et a entravé considérablement la photosynthèse. Le rendement a été significativement abaissé. L' accumulation des sucres et anthocyanes dans les baies a été diminuée tandis que la dégradation de l'acide malique a été fortement augmentée et la synthèse des polyphénols totaux améliorée.

Au contraire, dans les terroirs de craie tuffeau tout comme dans les sables épais colluviaux sénoniens reposant sur sables argileux et argiles sableuses, l'alimentation en eau n'a pas subi de contrainte majeure, en raison du volume important des réserves disponibles et aussi des possibilités de leur exploitation par une fraction plongeante développée du système racinaire. Ces conditions non limitantes, associées à un climat de l'année très favorable, ont permis d'atteindre des niveaux de maturation élevés, malgré une production de raisins anormalement forte qui n'a peut-être pas permis par surcroît de révéler les potentialités qualitatives optimales de ces terroirs, en dépit du contrôle de charge et de l'éclaircissage de grappes préalablement effectués.

Mais il est indéniable que le rendement, pourtant plus faible, obtenu dans le terroir de grès et poudingues, était trop important, compte tenu du stress hydrique que subissait la vigne, pour engendrer une vendange d'aussi bonne qualité.

Ces résultats pourraient servir de base de réflexion, au moins pour les Appellations considérées, à un meilleur raisonnement des quotas de rendement qui pourrait prendre en compte à la fois les caractéristiques du millésime mais aussi celles des terroirs. En effet, grâce au volet cartographique à grande échelle développé dans la méthodologie de caractérisation intégrée (MORLAT, 1989), un zonage des potentialités de production optimale par terroir serait tout à fait réalisable.

Les travaux montrent la nécessité de connaître l'évolution de l'indice foliaire au cours du cycle végétatif afin de pouvoir interpréter correctement les données d'alimentation en eau de la vigne. C'est ainsi que la consommation plus basse relevée dans la parcelle 2ING durant la période début de végétation-floraison, ne s'explique pas par une réduction des réserves disponibles mais est en relation avec une surface foliaire plus faible en raison d'une précocité moindre (PENAVAYRE et *al.*, 1991).

Enfin, il restera a étudier dans une prochaine communication, les conséquences des divers régimes hydriques dépendant des terroirs comparés, sur les caractéristiques physico-chimiques et surtout sensorielles des vins minivinifiés expérimentalement à partir des vendanges récoltées.

Manuscrit reç le 29 avril 1992; accepté pour publication le 21 septembre 1992

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ARCHER E. et STRAUSS H.C., 1990. The effect of vine spacing on some physiological aspects of *Vitis vinifera L.*(cv.Pinot noir). *S. Afr.J. Enol. Vitic.*, **11**, n°2, 76-87.

AUSSENAC G. et FINKELSTEIN D., 1983. Influence de la sécheresse sur la croissance et la photosynthèse du cèdre. *Ann. Sci. For.*, **40**, n° 1, 67-77.

BOURZEIX M., HEREDIA N., MERIAUX S., ROLLIN H. 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 constituants phénoliques. *C.R. Acad. Sci.*, Paris, **284**, 365-368.

BROCHET P. et GERBIER N., 1972. Une méthode pratique de calcul de l'évapotranspiration potentielle. *Ann. Agron.*, **23**, n°1, 31-49.

CARBONNEAU A., SMART R.E. et De LOTH C., 1983. Measurement of gross photosynthesis under natural conditions by using a $14CO_2$ diffusion porometer 2. Combined influences of some major ecological factors and leaf area on grapevine photosynthesis. *Photosynthetica,* **17**, n°3, 426-430.

CHOISNEL E., De VILLELE O. et LACRAZE F., 1992. *Une approche uniformisée du calcul de l'évapotranspiration potentielle pour l'ensemble des pays de la Communauté Européenne.* Centre commun de recherche, Commission des Communautés Européennes, 176p.

COOMBE B.G., 1960. Relationship of growth and development to changes in sugars, auxins, and gibberellins in fruit of seeded and seedless varieties of *Vitis vinifera.. Plant Physiol.*, **35**, 241-250.

DOWTON W.J.S., 1977. Photosynthesis in salt-stress grapevines. *Aust. J. Plant. Physiol.*, n°4, 183-192.

DUTEAU J., GUILLOUX Michèle etSEGUIN G., 1981. Influence de l'alimentation en eau de la vigne sur la teneur en sucres réducteurs, acides organiques et composés phénoliques des raisins. *C.R. Acad.Sc.*, Paris., 292, Série III, 965-967.

HARRIS J.M., KRIEDEMANN P.E. et POSSINGHAM J.V., 1968. Anatomical aspects of grape berry development. *Vitis*, **7**, 106-119.

HENDRICKSON.A.H. et VEIHMEYER.F.J., 1951. Irrigation experiments with grapes . *Bull. Calif. Agric.Exp.Stn.*, n°728, 1-31.

HARDIE W.J. et CONSIDINE J.A., 1976. Response of grapes to water-déficit stress in particular stages of dévelopment. A*m. J. Enol. Vitic.*, **32**, n°115-121.

HUGLIN P., 1958. Recherches sur les bourgeons de la vigne : initiation florale et développement végétatif. *Thèse Doctorat,* Strasbourg.174p.

KATERJI N., CARBONNEAU A. et DELAS J., 1987. Etude du fonctionnement hydrique et photosynthetique de deux systèmes de conduite de la vigne au cours d'un cycle de déssèchement édaphique à la véraison pour du Cabernet-Sauvignon planté en sol de graves sèches. *Comm 3ème Symposium International Physiologie de la Vigne.* Bordeaux 386-392.

KATERJI N., ITIER B. et FERREIRA I., 1988. Etude de quelques critères indicateurs de l'état hydrique d'une culture de tomate en région semi-aride. *Agronomie*, **8**, 425-433.

KRIEDEMANN P.E. et SMART R.E., 1971. Effects of irradiance, température, and leaf water potential on photosynthesis of vines leaves. *Photosynthetica*, **5**, n°1, 6-15.

KRIEDEMANN P.E, LOVEYS B.R. et DOWNTON W.J.S., 1975. Internal control of stomatal physiology and photosynthesis. II Photosynthetic responses to phaseic acid. *Aust. J. Plant. Physiol.*, **2**, 553-567.

MERIAUX Simone, ROLLIN H. et RUTTEN P., 1977. Action spécifique de la sécheresse, de la surface foliaire et du rendement sur la teneur en sucres des baies de raisin. *C.R. Acad.Agri.,* 939-950.

MERIAUX Simone et PANINE M., 1986. Essai d'interprétation de la variabilité interannuelle de la production viticole dans le midi méditérranéen. L'exemple du Carignan. *C.R. Acad. Agric. Fr.*, n°12, 1053-1063.

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 Moyenne Vallée de la Loire. *Thèse Doctorat d'Eta* , Université Bordeaux II.

PENAVAYRE M. et LEMAITRE C., 1990. La photosynthèse de la vigne. Cinétique journalière. Photosynthèse par types de feuilles. *C.R. activités.*

PENAVAYRE M., MORLAT R., JACQUET A. et BIMONT, 1991. Influence des terroirs sur la croissance et le développement de la vigne en millésime exceptionnellement sec (1990). *Journ. Intern. Sc. Vigne et Vin*, **25**, n°4, 179-202.

PERRIER A., 1990. Climat, eau et production : cycle et gestion. *C.R. Acad .Agric. Fr.*, **76**, n°6, 47-64.

POUX C., 1969. Dosage enzymatique de l'acide L (-) malique. *Ann. Technol. Agric.*, **18**, n°4, 359-366.

PUISSANT A. et LÉON Huguette, 1967. La matière colorante de grains de raisins de certains cépages cultivés en Anjou en 1965. *Ann. Technol. Agric.*, **16**, n°3, 217-226.

REBELEIN., 1961. *Deutsche Lebensmittel Rundschau*, **2**, 36-41.

RIBÉREAU-GAYON P., 1970. Le dosage des composés phénoliques totaux dans les vins rouges. *Chimie Anal.*, **52**, n°6, 627-631.

ROBICHET C. et MORLAT R., 1986. Mise au point d'un logiciel intégré de calcul du bilan hydrique d'une culture basé sur les données neutroniques d'humidité des sols et l'ETP appréciée par la méthode BROCHET-GERBIER. Document ronéoté *INRA.*

ROSSIGNOL J.P. et MORLAT R., 1984. Etalonnage d'une sonde gammamétrique de profondeur à l'aide de blocs étalons. Application à l'étude de la masse volumique des sols.Relations avec l'enracinement d'un verger. *Bull G.F.H.N.,* n°16, 81-95.

SCHOLANDER P.F., HAMMEL H.J., BRADSTREET E.D. et HEMMINGSEN E.A., 1965. Sap pressure in vascular plants. *Science*, **148**, 339-346.

SEGUIN G., 1970. Les sols viticoles du Haut-Médoc. Influence sur l'alimentation en eau de la vigne et sur la maturation du raisin. *Thèse Doctorat d'Etat*, Univers. de Bordeaux II.

SEGUIN G., 1975. Alimentation en eau de la vigne et composition chimique des moûts dans les grands crus du Médoc. Phénomènes de régulation. Connaissance Vigne.Vin, n°1, 23-24.

SMART R.E., 1974. Aspects of water relations of the grapevine (*Vitis vinifera*). *Am. J. Enol. Vitic.*, **25**, 84-91.

SMART R.E., 1985. Principles of grapevine canopy microclimate manipulation with implications for yield and quality. A review. *Am. J. Enol. Vitic.*, **36**, n°3, 231-239.

SMART R.E., 1988. Shoot spacing and canopy light microclimate. *Am. J. Enol. Vitic.*, 39, 325-333.

SMART R.E. et COOMBE B.G., 1983. *Water relations of grapevines. In Water déficits and plant growth.* Académic Press, New York.

TROSSAIS J. et ASSELIN C., 1985. Influence des teneurs en acide malique des moûts sur le dosage de l'acide tartrique par analyse en flux continu par colorimétrie avec le méta-vanadate. *Connaissance Vigne et Vin*, n°4, 249-259.

VAN ZYL J.L. et WEBER H.W., 1977. Irrigation of Chenin blanc in the Stellenboch area within the framework of the climate-soil-water plant continuum. *Proc. Symp. Qual. Vintage,* Stellenboch, South Arfrica.

ZAMBONI M., IACONO F. et FREGONI M., 1987. Influence de l'époque de sécheresse sur la production et sur la qualité du moût de vignes cultivées en pot. *3ème Symp.Int.Physiologie Vigne*, 223-229, Bordeaux, France.