

# **Contribution à l'étude des relations entre des variables de fonctionnement des terroirs du Val de Loire et l'évolution des acides organiques des baies durant**

## **la maturation du raisin <sup>a</sup>.**

G. Barbeau, R. Morlat, C. Asselin, Y. Cadot.

Unité de Recherches Vigne et Vin, Centre INRA d'Angers (France)

### **Résumé.**

Dans les terroirs du Val de Loire, la précocité du cycle de la vigne et son alimentation en eau sont des variables de fonctionnement qui influent de manière importante sur la composition des baies à maturité. La présente étude aborde l'analyse du rôle de ces variables sur l'évolution des acides organiques des baies, constituants essentiels de la qualité des vins. La teneur en acide malique apparaît corrélée négativement à la précocité induite par le terroir ; la relation est meilleure en début de maturation qu'à maturité. Durant tout le cycle de la plante, des conditions climatiques favorables à une croissance soutenue semblent jouer un rôle positif sur la teneur en acide tartrique, mais certains facteurs climatiques sont responsables d'une combustion plus rapide de l'acide malique durant la maturation. L'évolution conjointe de ces deux acides organiques peut être appréciée au travers de deux rapports : acide tartrique/acide malique et acide tartrique/( acide tartrique + acide malique) encore appelé coefficient de maturation. En début de maturation, les valeurs de ces deux rapports sont en liaison avec le niveau de précocité des terroirs. Les écarts entre terroirs augmentent au cours de la maturation. A maturité, les différences observées varient du simple au quadruple selon le terroir et le millésime ; elles semblent imputables à la fois à la précocité et à la contrainte hydrique. Le rapport acide tartrique/acide malique discrimine mieux les terroirs que le coefficient de maturation.

**Mots clés** : terroirs viticoles, acides organiques, précocité, alimentation hydrique.

### **Abstract.**

In the terroirs <sup>a</sup> of the Mid-Loire Valley, the precocity of the cycle of grapevine and its water intake regime are functioning variables which influence strongly berry composition at maturity time. The present study deals with the role of these variables on the evolution of organic acids, which are considered as major components of wine quality. The malic acid content is negatively correlated to the terroir-induced precocity ; the relationship is better at the beginning of the maturation process than at its end. All the climatic factors which can enhance growth during all the cycle seems to favor a higher tartaric acid content, but some of them are also responsible for a quicker combustion of malic acid during maturation. The joint evolution of these two organic acids can be appraised through two ratios : tartaric/malic acid and tartaric/[tartaric + malic] acid, the latter also known as the maturation coefficient. At the beginning of the maturation process these ratios appear to be mainly related to the level of precocity of the terroirs. The gap between terroirs increases during maturation. At maturity, the differences may vary from one to four, according to the terroir and the vintage ; they seem to be due to both the precocity and the level of water stress. The tartaric/malic acid ratio is more discriminant than the maturation coefficient in terms of behaviour of the grapevine.

**Key-words** : viticultural terroirs, organic acids, precocity, water intake regime.

# **Contribution à l'étude des relations entre des variables de fonctionnement des terroirs du Val de Loire et l'évolution des acides organiques des baies durant**

## **la maturation du raisin <sup>a</sup>.**

G. Barbeau, R. Morlat, C. Asselin, Y. Cadot.

## **Introduction.**

L'acidité des baies et des moûts de raisin constitue un élément important de la qualité des vins. L'acidité titrable est due à 90% à la présence de deux acides organiques, l'acide malique et l'acide tartrique. Ceux-ci participent largement à la constitution, à la stabilité et aux qualités organoleptiques des vins.

La synthèse de l'acide malique a lieu dans les chloroplastes des feuilles adultes et dans les baies vertes durant toute la période végétative. Une partie migre des feuilles vers les baies et vient s'accumuler avec celui qui y est produit. L'acide malique se comporte comme une source d'énergie qui sera utilisée pendant la maturation pour produire des sucres (Steffan et al., 1975, cité par Champagnol, 1984). Pendant la maturation des baies, la cinétique d'évolution de l'acide malique est donc inverse de celle des sucres. Cet acide est sensible aux conditions de température : sa dégradation est d'autant plus rapide que la température est élevée. A matériel végétal égal, les moûts obtenus sous climat chaud sont toujours beaucoup plus pauvres en acide malique que ceux obtenus sous climat tempéré. Toujours à matériel végétal égal, Barbeau et al. (1998a) ont montré que la teneur en acide malique est corrélée négativement à la précocité du cycle de la vigne : les terroirs précoces présentent des teneurs beaucoup plus faibles que les terroirs tardifs.

L'acide tartrique est produit dans les feuilles jeunes et tous les organes en cours de croissance. C'est un acide organique spécifique d'un très petit nombre de plantes européennes, dont la vigne. Il est présent dans les baies au cours de la maturation mais sa cinétique d'évolution est très différente de celle de l'acide malique. Sa teneur diminue pendant la maturation mais moins rapidement que celle de l'acide malique. La quantité d'acide tartrique est favorisée par la vigueur de la vigne, elle-même en relation étroite avec l'alimentation hydrique. Il n'est pas rare de noter des augmentations de teneur en acide tartrique après des pluies importantes, en particulier sur des terroirs qui présentent un faible pouvoir tampon vis à vis de la pluviométrie.

## **II. Matériels et méthodes**

### **2.1. Les réseaux de parcelles d'essai ´ terroirs <sup>a</sup>**

Les terroirs, objet de l'étude, sont situés en moyenne Vallée de la Loire, dans les zones d'Appellation d'Origine Contrôlée (AOC) Bourgueil, Chinon et Saumur-Champigny. Ils sont plantés en cabernet franc greffé sur SO4. Ce vignoble septentrional atlantique est caractérisé par une faible pluviométrie (570 mm/an), des températures moyennes annuelles de 12°C, des vents dominants Sud-Ouest et Est et un ensoleillement moyen de 1420 heures d'avril à septembre. Dans cette étude, on estime que les variations climatiques entre parcelles sont minimales et ne peuvent justifier à elles seules les écarts constatés au niveau du comportement de la vigne et de la qualité des baies (Morlat et al., 1997; Jacquet et al., 1997).

Sur le réseau, chacune des parcelles d'étude est représentative d'une unité de terroir bien caractérisée, au sens de l'Unité Terroir de Base (UTB), définie par Salette et al. (1996). Toutes les parcelles du réseau ont le même âge, elles sont conduites de façon identique (sol non cultivé et désherbé chimiquement, même type et date de taille, même date d'ébourgeonnage et d'éclaircissage, traitements phytosanitaires identiques), selon le protocole décrit par ASSELIN et al. (1996). La parcelle élémentaire comporte 100 cepes, la densité est de 5.000 plants/ha (2m X 1m). Les caractéristiques géo-pédologiques des UTB figurent au tableau I.

Pour les besoins de la présente étude, nous avons retenu les données couvrant la période 1995-1998, soit quatre millésimes lesquels sont assez représentatifs de la variabilité de la climatologie de la moyenne vallée de la Loire

Tableau I. Caractérisation des Unités Terroir de Base étudiées (d'après MORLAT, 1989).

Table I. Characterisation of the studied Basic Terroir Units (d'après MORLAT, 1989)

1CHA	Sols bruns sablo-caillouteux sur grès et poudingues des buttes de l'Eocène continental. Reserves hydriques faibles à moyennes
1DAM	Sol brun calcaire peu argilisé de 60 à 80 cm d'épaisseur sur craie sablo-glaucconieuse et micacée du Turonien moyen
1FON	Alluvions gravelo-sableuses de la basse terrasse de la Loire de 100 à 140 cm de profondeur, à faibles réserves hydriques et forte compAcTion.
1PER	Sol argilo-sableux de 70 cm d'épaisseur sur argiles épaisses du Sénonien (Tertiaire).
1POY	Sol brun calcique argilisé de 70 à 95 cm d'épaisseur sur craie sablo-glaucconieuse et micacée du Turonien moyen
1TUR	Sols bruns lessivés à forte teneur en eau sur limons d'apport d'origine éolienne. Présence à -70 cm d'un cordon caillouteux cimenté par des oxydes de fer
1VAU	Limons et argiles à silex du Sénonien en place ; sol profond (> 100 cm) lessivé à pseudo-gley de sub-surface (nappe perchée en période humide)
2EL	Sables argileux en place du Sénonien ; sol brun complexe faiblement lessivé à horizons sableux de 65 à 70 cm d'épaisseur en continuité avec des horizons plus profonds enrichis en argile
2ING	Colluvions sableuses sénoniennes sur argiles sableuses d'altération du Turonien supérieur (nappe perchée à -80 cm en période humide)
3EL	Sables argileux en place du Sénonien ; sol brun complexe avec horizons supérieurs colluviaux, sableux de 70 à 90 cm d'épaisseur recouvrant un horizon sablo-argileux de 50 cm d'épaisseur
4EL	Argiles sableuses du Sénonien en place ; sol profond (115 cm) lessivé à carAcTère hydromorphe (nappe perchée en période humide)

Sur chaque Unité Terroir de Base, les variables géo-pédologiques déterminent les propriétés physiques du volume de sol exploré par le système racinaire : profondeur, localisation des pics racinaires, porosité, drainage, capacité de réchauffement, etc... La réaction de la vigne se traduit au travers de variables de fonctionnement : la précocité, le régime d'alimentation hydrique et la vigueur.

## 2.2. Calcul des indices de précocité

Sur ces différents terroirs, des indices de précocité de floraison (iPf), de véraison (iPv) et de précocité de cycle (iPcy) ont été calculés d'après les formules de Barbeau et al. (1998b). L'indice de précocité de cycle est un indice globalisant qui prend en compte la précocité à la floraison et la durée moyenne de la période mi-floraison/mi-véraison. Ces indices permettent d'établir une échelle de comparaison entre terroirs pour chaque millésime et donc de s'affranchir de l'effet précocité dû au millésime.

## 2.3. Calcul du Réservoir Utilisable Maximal (RUM) des terroirs viticoles.

L'alimentation hydrique réelle de la vigne est très difficile à calculer 'in situ' <sup>a</sup>. Elle est quelque peu en liaison avec le Réservoir Utile Maximal (RUM), auquel on peut ajouter la pluviométrie. Le Réservoir Utilisable Maximal (RUM) correspond à la différence entre le volume d'eau présent à la capacité au champ (CC) et celui présent au point de flétrissement permanent (PF). Un modèle de calcul a été élaboré par GUILBAULT et al. (1998), en utilisant la méthode des fonctions de pédo-transfert :

$$RUM_{mm} = (CC-PF) * \% TF * E * Da.$$

avec E = épaisseur de sol (dm) et Da = Densité apparente.

L'intérêt du RMU est qu'il s'exprime en mm d'eau, indépendamment de la surface considérée. Il peut donc facilement être comparé à des précipitations ou des évapotranspirations. Cependant, l'alimentation en eau de la plante dépend aussi du potentiel de liaison entre l'eau et la phase solide du sol et également des apports latéraux d'eau circulant dans le sol ou en surface (ruissellement) et des remontées d'eau capillaire ; son interprétation est donc parfois délicate.

## 2.4. Estimation de la vigueur

La vigueur est approchée par le poids de bois de taille (PBT), exprimé en kg de matière sèche par hectare.

## 2.5. Dosage des acides organiques au cours de la maturation.

Des prélèvements de 400 baies sont effectués au moins une fois par semaine sur chaque parcelle d'essai, depuis la véraison jusqu'à la récolte, à raison de 4 baies par cep (2 de chaque côté, de façon aléatoire). 9 terroirs ont été suivis en 1995 et 1996, et 11 en 1997 et 1998.

**L'acide tartrique** est dosé en flux continu selon une méthode dérivée de celle de BLOUIN-VIDAL (1978). L'influence des autres acides organiques des baies, notamment de l'acide malique, sur le dosage de l'acide tartrique amène à utiliser un coefficient correcteur (TROSSAIS et ASSELIN, 1985). **L'acide malique** est dosé en flux continu selon une méthode enzymatique faisant intervenir l'enzyme spécifique de l'acide L(-) malique, la L.Malate Déshydrogénase (MDH).

Les résultats sont exprimés en meq/L. Deux variables permettent de relier entre elles les teneurs en acides tartrique (AcT) et malique (AcM) ; ce sont d'une part le rapport AcT/AcM, d'autre part le rapport  $AcT * 100 / (AcT + AcM)$  appelé aussi coefficient de maturation .

## 2.6. Analyse et traitements des données

La base de données ainsi constituée a fait l'objet de traitements statistiques sous le logiciel SPAD N® , en utilisant successivement les procédures d'analyse en composantes principales (COPRI) et de régression multiple (FUWILR). Des analyses de corrélations ont été effectuées pour mettre en évidence certaines relations simples.

## III. Résultats et discussion.

### 1. Climatologie des quatre millésimes étudiés.

Le tableau II résume les principales caractéristiques de température, pluviométrie et insolation pour chacun des millésimes, sur des durées annuelles, pour la période avril-août et celle d'avril-septembre.

Tableau II. Caractérisation climatique des millésimes étudiés.

Table II. Climatic characterization of the studied vintages.

	Données annuelles			Période avril-août			Période avril-septembre		
	Temp. moy. (°C)	Insolation (heures)	Pluvio. (mm)	Somme T>10°C	Insolation (heures)	Pluvio. (mm)	Somme T>10°C	Insolation (heures)	Pluvio. (mm)
1995	12.9	2331	581	1184	1400	103	1342	1571	168

1996	11.7	2343	514	1015	1336	113	1178	1686	166
1997	12.9	2378	491	1120	1373	233	1363	1656	233
1998	12.3	2049	614	1043	1149	254	1269	1333	327

Source : Domaine expérimental INRA de Montreuil-Bellay (49-France)

Les années 1995 et 1996 ont été plutôt sèches, avec un déficit de pluviométrie durant le cycle, principalement avant véraison. 1997 et 1998 ont été plus humides, la première surtout au printemps (150 mm en mai et juin) alors que la pluviométrie de septembre a été de 0 mm, la seconde tout au long de l'année. A noter deux caractéristiques intéressantes pour 1997 : le cycle débourrement-maturité a duré environ une vingtaine de jours de plus que la moyenne. Ceci en raison d'une bonne précocité au début du printemps, suivie de pluies importantes en fin de printemps qui ont réalimenté les nappes et provoqué une recrudescence de vigueur. C'est aussi l'année où les différences de précocité entre terroirs ont été les plus importantes. L'année 1998 a connu un net déficit d'insolation.

### 3.2. Réservoir Utile Maximal et indices de précocité.

Les résultats des calculs du Réservoir Utile Maximal et des indices de précocité de cycle figurent au tableau III. Les RUM sont données pour des profondeurs de 100mm et 225mm. Seule la RUM à cette dernière profondeur a été prise en compte pour les analyses ultérieures. Sur le tableau III n'apparaît que l'indice de précocité de cycle qui est un indice globalisant. En fait, pour les 4 millésimes étudiés, il est plus influencé par la précocité à la véraison que par celle à la floraison ( $r_{iPcy/iPv} = 0,95^{***}$ ,  $r_{iPcy/iPf} = 0,30$  ns). Les 3 indices de précocité sont pris en compte dans les analyses ultérieures.

Le tableau III met également en évidence les différences de profondeur explorée par le système racinaire et la localisation préférentielle de celui-ci, selon l'unité de terroir. Certains terroirs présentent deux pics racinaires, le premier dans un horizon sableux, le second dans un horizon argileux (2EL, 2ING, 3EL).

Tableau III. Réservoir Utile Maximal et indices de précocité de cycle des différents terroirs du réseau

Table III. Maximal Useful Reservoir and precocity index for each terroir in the network.

Terroirs	Profondeur max. explorée par les racines / max. des pics racinaires (mm)	RU (mm) 0-100cm	RU (mm) 0-225cm	iPcy 95	iPcy 96	iPcy 97	iPcy 98
1CHA	95 / 0-80	109	109	99.7	98.9	102.0	101.4
1DAM	>230 / 0-80	124	320	102.9	102.2	111.5	101.3
1FON	140 / 0-100	41	84	102.7	101.6	115.8	104.1
1PER	140 / 0-70	86	180	100.3	104.3	105.7	101.7
1POY	>230 / 0-95	86	251	103.4	103.0	101.8	100.5
1TUR	130 / 0-70	84	173	96.0	100.2	86.9	98.4
1VAU	>100 / 0-65	69	177	98.1	95.6	90.0	98.9
2EL	>200 / 30-80 et >100	91	185	97.0	102.2	93.7	96.7
2ING	>230 / 30-70 et > 100	56	201	96.8	91.5	91.8	99.4

3EL	>145 / 30-80 et > 100	49	150	103.4	103.0	100.7	96.9
4EL	115 / 0-100	88	178	99.7	97.5	100.3	101.1

### 3.3. Evolution des acides organiques au cours de la maturation (Fig. 1)

#### a. acide tartrique.

Durant la maturation de 1995, la quantité d'acide tartrique présente un pic début septembre puis décroît régulièrement jusqu'au 11 septembre. Suite aux pluies importantes tombées entre le 6 et le 20, on note un comportement différent selon les terroirs : augmentation immédiate de l'acide tartrique sur ceux qui ont un faible pouvoir tampon vis-à-vis de la pluviométrie, augmentation différée pour les autres. Un nouveau plateau est atteint à la fin du mois juste avant les vendanges. Les différences entre terroirs sont peu importantes. En 1996 la décroissance est régulière tout au long de la maturation avec apparition d'un plateau fin septembre, consécutif aux pluies de la 3ème décennie du mois. La diminution s'accélère début octobre juste avant vendange. Les différences entre terroirs sont peu importantes. Il n'y a pas eu de pluie durant la maturation en 1997. Si la diminution de l'acide tartrique est relativement rapide jusqu'à la mi-septembre, elle se ralentit ensuite pour terminer à des niveaux sensiblement supérieurs à ceux de 1995 et 1996. Ceci pourrait s'expliquer par un cycle végétatif nettement plus long que la moyenne et la recharge importante des réserves hydriques en mai et juin. Les différences entre terroirs sont importantes. En 1998, la diminution rapide jusqu'au début septembre est suivie d'une remontée sensible le 7 septembre sans que cela puisse être attribué à des pluies ponctuelles importantes mais peut-être au cumul de petites pluies journalières. A partir de la mi-septembre les niveaux se stabilisent avant de décroître début octobre, où l'on retrouve ceux de 95 et 96. Les différences entre terroirs sont peu importantes.

La teneur en acide tartrique ne montre aucune relation significative ni avec la précocité ni avec la RUM.

#### b) acide malique

En 1995, l'acide malique décroît régulièrement tout au long de la maturation avec présence d'un plateau durant la seconde quinzaine de septembre, peut-être consécutif aux pluies importantes tombées entre le 6 et le 20 ; les différences entre terroirs sont importantes. En 1996, la diminution est régulière ; les différences entre terroirs sont moins importantes qu'en 1995. L'année 1997 se caractérise par une diminution régulière sur tous les terroirs ; les niveaux atteints sont nettement inférieurs à ceux des deux années précédentes. Les différences entre terroirs sont importantes. Une diminution régulière est également notée en 1998, bien que la pluviométrie annuelle ait été très différente. Par contre les niveaux atteints en fin de maturation sont nettement plus élevés que les trois années précédentes et les différences entre terroirs moins importantes.

La teneur en acide malique est toujours corrélée négativement aux indices de précocité ; cette corrélation est en général meilleure en début de maturation qu'à la fin. En 1995, la précocité à la floraison et celle à la véraison semblent jouer un rôle équivalent. En 1996, 1997 et 1998, la précocité à la véraison est déterminante (Tableau IV).

Tableau IV. Coefficients de corrélation entre l'acide malique en début et fin de maturation (AcM<sub>i</sub> et AcM<sub>f</sub>) et les indices de précocité.

Table IV. Correlations between the malic acid content at the beginning and at the end of the maturation process (AcM<sub>i</sub> et AcM<sub>f</sub>) and the precocity indexes.

	IPf95	iPv95	iPcy95	IPf96	iPv96	iPcy96	IPf97	iPv97	iPcy97	IPf98	iPv98	iPcy98
AcM <sub>i</sub>	-0.88**	-0.76*	-0.56	-0.59	-0.85**	-0.85**	-0.63*	-0.96***	-0.94***	-0.80**	-0.94***	-0.63*
AcM <sub>f</sub>	-0.95***	-0.83**	-0.57	-0.42	-0.50	-0.49	-0.50	-0.78**	-0.77**	-0.56	-0.76**	-0.58

#### 4. Evolution des équilibres AcT/AcM

##### a) rapport acide tartrique / acide malique (Fig. 2)

La proportion d'acide tartrique sur celle d'acide malique (AcT/AcM) s'accroît au cours de la maturation car la dégradation de ce dernier est plus rapide que celle de l'acide tartrique. En 1995 et 1996, le rapport AcT/AcM se situe aux alentours de 1 au début de maturation alors qu'en 97 et 98 il n'est que de 0.6 à 0.8. En fin de maturation, il y a de 2 à 6 fois plus d'acide tartrique que d'acide malique selon le millésime, le maximum étant atteint pour l'année 1997. En 1996, le rapport chute avant maturité en relation avec la brusque diminution d'acide tartrique avant vendange. En 1998 la croissance du rapport est régulière seulement au tout début de la maturation. Par la suite, elle évolue en dents de scie, probablement en relation avec les vagues de pluies qui se sont succédées tout au long du mois de septembre et les variations de la teneur en acide tartrique qu'elles ont engendrées. Les différences entre terroirs sont considérables et les écarts s'accroissent au cours de la maturation

##### b) coefficient de maturation (Fig. 2)

Le coefficient de maturation  $[\text{AcT} \cdot 100 / (\text{AcT} + \text{AcM})]$  s'accroît également au cours de la maturation mais dans des proportions nettement moins importantes que le rapport précédent. Au début, il se situe en moyenne vers la valeur 50 en 1995 et 1996 et entre 30 et 40 en 1997 et 1998. Il augmente de 25 à 50% en 1995, 1996 et 1998 mais il double en 1997 pour atteindre des valeurs nettement plus élevées que les trois autres années. Comme pour le rapport (AcT/AcM) et pour les mêmes raisons, on note une diminution du coefficient de maturation en fin de saison 1996 et une évolution en dents de scie en 1998. Les écarts entre terroirs sont importants dès le début de la maturation ; ils se conservent ou même s'amplifient légèrement au cours de la maturation.

L'analyse en composantes principales de l'ensemble des données disponibles sur les 4 millésimes, sans introduire les variables climatiques, apparaît à la figure 3. Ces données ne concernent donc que les variables directement liées au fonctionnement de la vigne sur des unités de terroirs différentes. Les résultats montrent que le rapport AcT/AcM et le coefficient de maturation sont faiblement corrélés positivement aux indices de précocité des terroirs ; cette relation est meilleure en début de maturation qu'à la fin. Ils sont faiblement corrélés négativement à la vigueur induite par le terroir et à la RUM. Il est intéressant de noter que, pour ces variables, la corrélation est meilleure à maturité qu'en début de maturation.

#### 3.5. Prise en compte de l'interaction terroir x millésime

La variabilité inter-annuelle importante qui a été constatée doit être analysée en tenant compte des variables climatiques propres à chacun des millésimes : somme des températures  $>10^\circ\text{C}$  (Somme T), pluviométrie (P) et heures d'insolation (Ensoleil.). De façon à mieux appréhender l'évolution au cours de la maturation, deux séries de variables climatiques ont été retenues : du débourrement au début de la maturation (soit avril-août compris = 04-08) et du débourrement à la fin de la maturation (soit avril-septembre compris = 04-09). Ces variables ont été comparées aux teneurs en acides organiques des baies sur chacun des terroirs pour ces mêmes dates (ex.  $\text{AcT}_i$  = teneur en acide tartrique en début de maturation,  $\text{AcT}_f$  = teneur en acide tartrique en fin de maturation). L'analyse en composantes principales de l'ensemble de la base de données fait apparaître des relations complexes entre les différentes variables. En particulier, elle permet de différencier le rôle de la précocité induite par le terroir de celui de la climatologie du millésime qui affecte l'ensemble des terroirs (Fig. 4). Le résultat de la recherche des meilleures variables explicatives, par régression multiple optimale, figure au tableau V.

Tableau V. Tableau des regressions multiples optimales entre variables sur la période 1995-1998.

Table V. Optimal multiple regressions between variables during the 1995-1998 period.

Variable à expliquer	Variables explicatives	R <sup>2</sup>	Valeur-test

AcT <sub>i</sub>	- iPcy ; + (RUM+P04-08)	0.31	3.11
AcT <sub>f</sub>	+ (RUM+P04-09) ; + SommeT04-09 ; + Ensoleil.04-09	0.73	6.09
AcM <sub>i</sub>	- iPv ; + (RUM+P04-08)	0.63	5.64
AcM <sub>f</sub>	- iPv ; - Ensoleil.04-09	0.63	5.54
AcT/AcM <sub>i</sub>	+ iPv ; - (RUM+ P04-08)	0.51	4.60
AcT/AcM <sub>f</sub>	- PBT ; + SommeT04-09 ; + Ensoleil.04-09	0.62	5.02
Coef.Mat <sub>i</sub>	+ iPv ; - (RUM+P04-08)	0.52	4.75
Coef.Mat <sub>f</sub>	+ iPf ; - PBT ; + SommeT04-09 ; + Ensoleil.04-09	0.74	5.82

D'après ce tableau, la teneur en acide tartrique à maturité est surtout expliquée par des variables climatiques ; elle est d'autant plus importante que la pluviométrie, les sommes de température et l'ensoleillement sont élevés. Elle apparaît directement liée aux facteurs du climat qui induisent une croissance soutenue.

La teneur en acide malique est d'autant plus faible que le terroir est précoce ; c'est la précocité à la véraison qui est la plus significative. De plus, en début de maturation, plus la somme [RUM du terroir + pluviométrie] est importante, plus la teneur en acide malique est élevée. Au contraire, à maturité, plus la durée totale d'ensoleillement à été grande, plus la teneur en acide malique est faible.

En début de maturation, le rapport AcT/AcM et le coefficient de maturation sont d'autant plus élevés que la véraison du terroir est précoce, et que la somme [RUM du terroir + pluviométrie] est faible. Ils évoluent exAcTement en sens contraire de l'acide malique ; c'est donc cet acide qui est déterminant à ce stade. A maturité, le rapport AcT/AcM et le coefficient de maturation sont fortement influencés par les sommes de température et l'ensoleillement, qui jouent en sens contraire sur chacun des acides. Ils apparaissent influencés négativement par la vigueur (PBT), ce qui reviendrait à dire qu'un terroir à forte vigueur affecte plus la teneur en acide malique des baies que celle en acide tartrique.

A maturité, il faut noter en plus l'influence non négligeable de la précocité à la floraison du terroir sur le coefficient de maturation (précocité à la floraison est souvent synonyme de mise en place de la surface foliaire primaire plus précoce, et par voie de conséquence d'une plus grande efficacité photosynthétique).

#### IV. Conclusion

L'étude de l'évolution des acides organiques des baies de raisin sur 11 unités de terroirs et 4 millésimes a permis de montrer que le rapport AcT/AcM et le coefficient de maturation semblent constituer des outils pertinents pour, à la fois, mettre en évidence des différences entre terroirs et dissocier l'effet terroir de l'effet millésime. En début de maturation, les équilibres atteints semblent refléter surtout les différences induites par l'unité de terroir, principalement en termes de précocité. C'est l'acide malique qui joue le rôle le plus important. Puis, les variables climatiques du millésime se conjuguent aux variables de fonctionnement du terroir pour amplifier les différences constatées en début de maturation. La RUM du sol et les variables climatiques qui concourent à maintenir une croissance soutenue contribuent à augmenter en particulier la teneur en acide tartrique, alors que certaines de ces variables (sommes de températures, insolation) sont favorables à la dégradation de l'acide malique. Plus la maturation avance, plus cet antagonisme se renforce et plus les écarts entre terroirs se creusent. A maturité, l'échelle de classement basée sur les équilibres AcT/AcM semble opposer les terroirs qui ont les niveaux de précocité les plus élevés et qui ont subi la plus forte contrainte hydrique aux terroirs les plus tardifs et qui ne présentent pas de contrainte hydrique. Ce classement est tout à fait compatible avec

les observations réalisées sur le terrain. Le rapport acide tartrique/acide malique discrimine mieux les terroirs que le coefficient de maturation.

### Références bibliographiques

ASSELIN C., MORLAT R. et SALETTE J., 1996. Déterminisme de l'effet Terroir et gestion oenologique en Val de Loire . Application aux vins rouges de Cabernet franc et aux vins blancs moelleux de Chenin. *Revue Française d'Oenologie*, **156**, 14-20.

BARBEAU G., MORLAT R., ASSELIN C., 1998. Relations entre précocité de la vigne et composition des baies de divers cépages du Val de Loire. *Progrès Agricole Viticole*, **5**, 106-111 ; **6**, 127-130.

Blouin J., Vidal M., 1978. Dosage colorimétrique rapide de l'acide tartrique dans les moûts et les vins. *Revue Française d'Oenologie*, **70**, 39-46.

Champagnol F., 1984. Eléments de physiologie de la vigne et de viticulture générale. *Imprimerie Dehan, 34000 Montpellier*. ISBN 2-9500614-0-0

GUILBAULT P., MORLAT R., RIOUX D., 1998. Elaboration cartes conseils pour une gestion du terroir à l'échelle parcellaire : utilisation d'algorithmes basés sur des paramètres physiques du milieu naturel.. *Symposium International ' Territoire et Vin ' a, Sienne (Italie)*, 19-24 mai 1998

JACQUET A. et MORLAT R., 1997. Caractérisation de la variabilité climatique des terroirs viticoles en Val de Loire. Influence du paysage et des facteurs physiques du milieu. Characterization of the climatic variability in the Loire Valley vineyard. Influence of landscape and physical characteristics of the environment. *Agronomie*, **17**, 465-480.

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 d'Etat, Bordeaux 18.12.89*. Tome I : textes, 289 p ; tome II : Annexes, 129 p..

MORLAT R., JACQUET A. et ASSELIN C., 1997. Variabilité de la précocité de la vigne en Val de Loire : Rôle du terroir et du millésime, conséquences sur la composition de la baie. *Revue Française d'oenologie*, juillet-août, n° 165, 11-22.

Steffan H., Rapp A., Ullemeyer H., Kupper G., 1975. Sur le métabolisme des <sup>14</sup>C-acides et des <sup>14</sup>C-sucres en dépendance de l'état de maturité chez des baies de variétés de *Vitis vinifera*. *Vitis* **14**, 181-189.

SALETTE J., 1996. Perceptions individuelles et collectives du terroir. Sur la réalité du lien entre le terroir et le produit : de l'analyse sémantique à l'approche écologique. *1er Colloque International " les Terroirs Viticoles "*, Centre des Congrès d'Angers, 17-18 juillet 1996.

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. *Connaissances de la Vigne et du Vin*, **4**, 249-259.

Fig. 1. Evolution des acides tartrique et malique sur terroirs types, de 1995 à 1998.

Fig. 1. Evolution of the tartaric and malic acids on some typical terroirs, from 1995 to 1998.

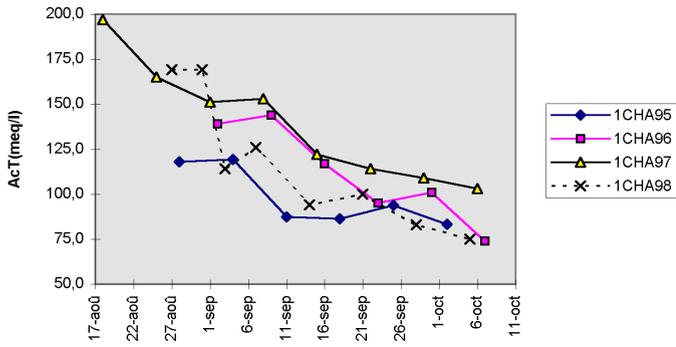
- terroir précoce sensible au stress hydrique (1CHA) / precocious terroir sensitive to water stress (1CHA) .

- terroir précoce à alimentation hydrique modérée et régulière (1POY) / precocious terroir with regular but moderate water supply (1POY).

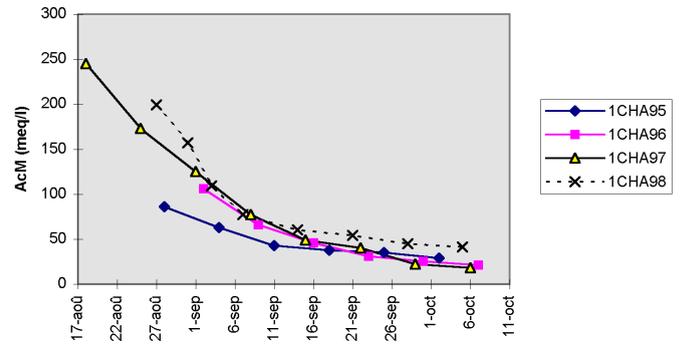
- terroir précoce en début de cycle et à alimentation hydrique importante en fin de cycle (2EL) / .terroir precocious at the beginning of the cycle but with important water supply at the end of the cycle (2EL).

- terroir tardif sans stress hydrique (2ING) / Late terroir, without water stress (2ING).

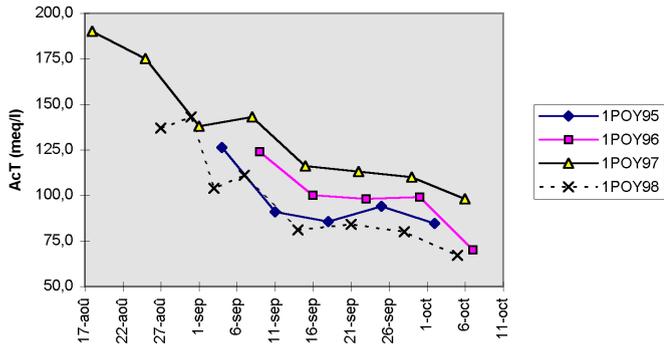
1CHA



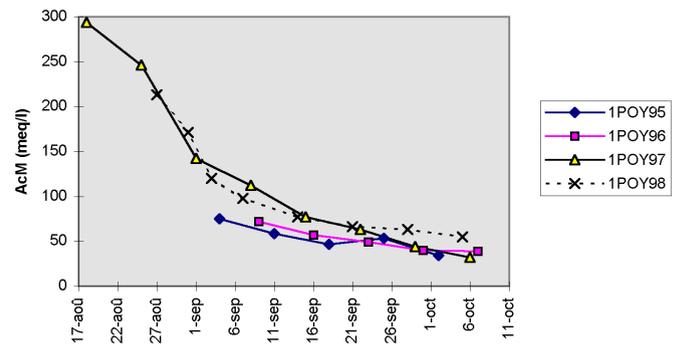
1CHA



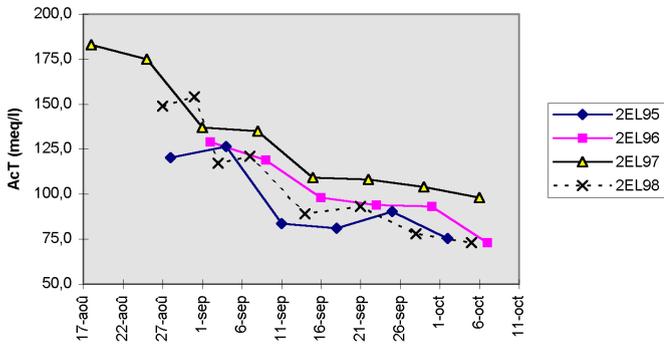
1POY



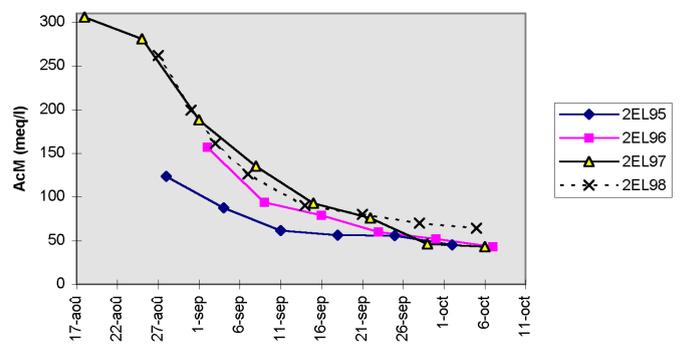
1POY



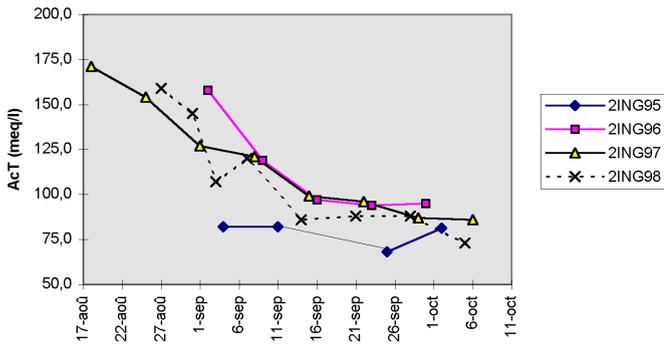
2EL



2EL



2ING



2ING

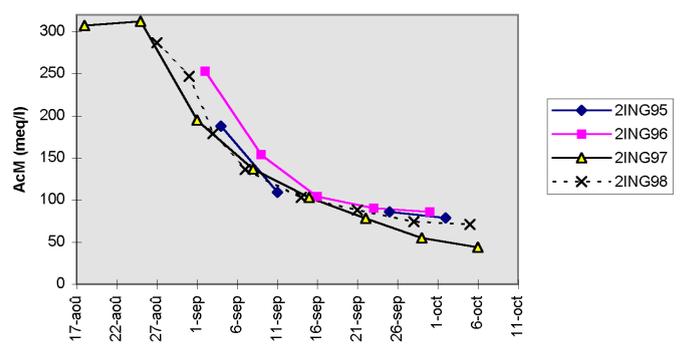
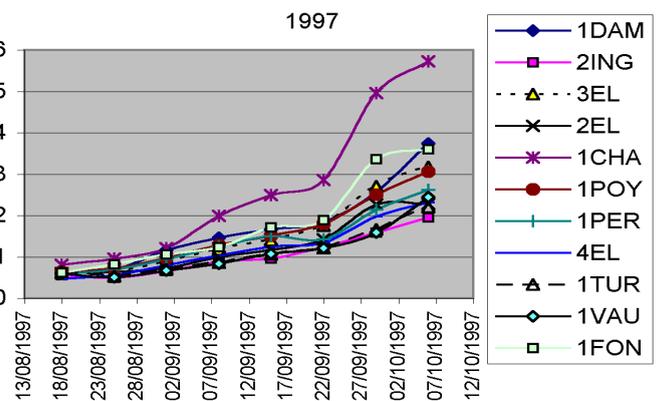
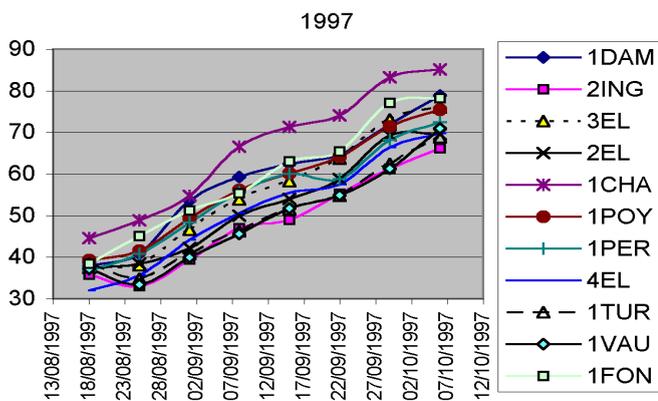
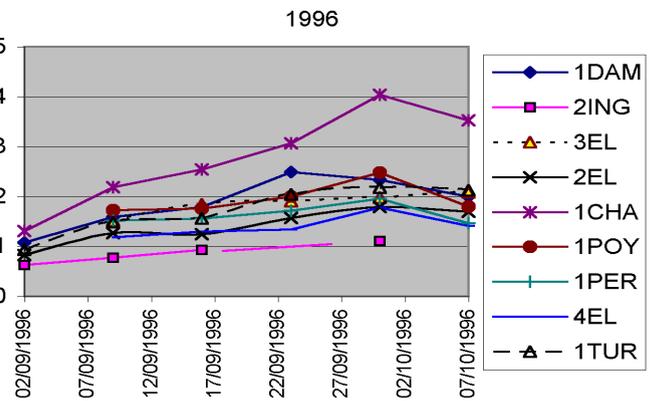
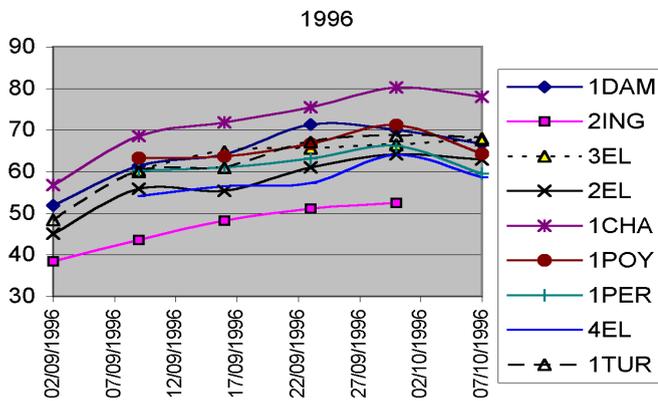
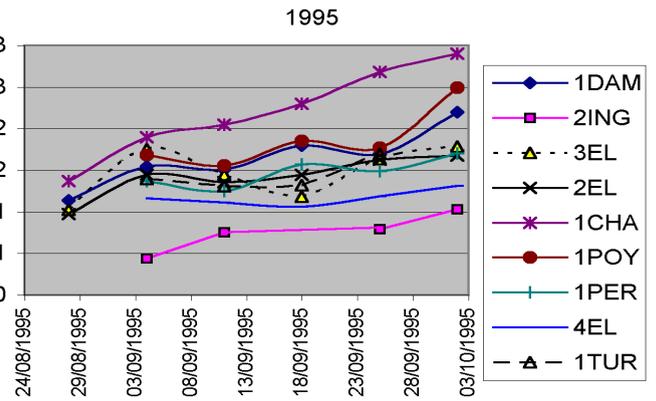
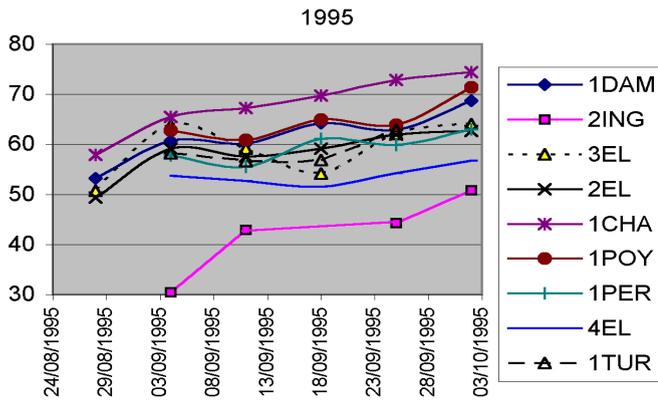


Fig. 2. Evolution des équilibres AcT/AcM sur tous les terroirs étudiés, de 1995 à 1998.

Fig. 2. Evolution of the AcT/AcM ratios for all the studied terroirs, from 1995 to 1998.

Rapport  $AcT \cdot 100 / [AcT + AcM]$  Rapport AcT/AcM



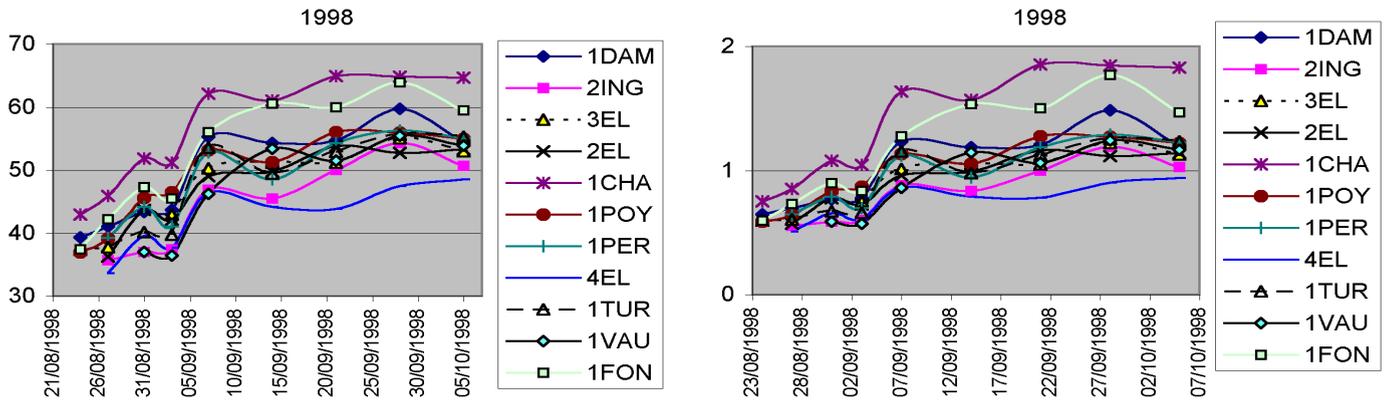


Fig. 3. Analyse en Composantes Principales des variables liées au terroir.

Fig. 3. Principal Component Analysis for the variables linked to the terroir.

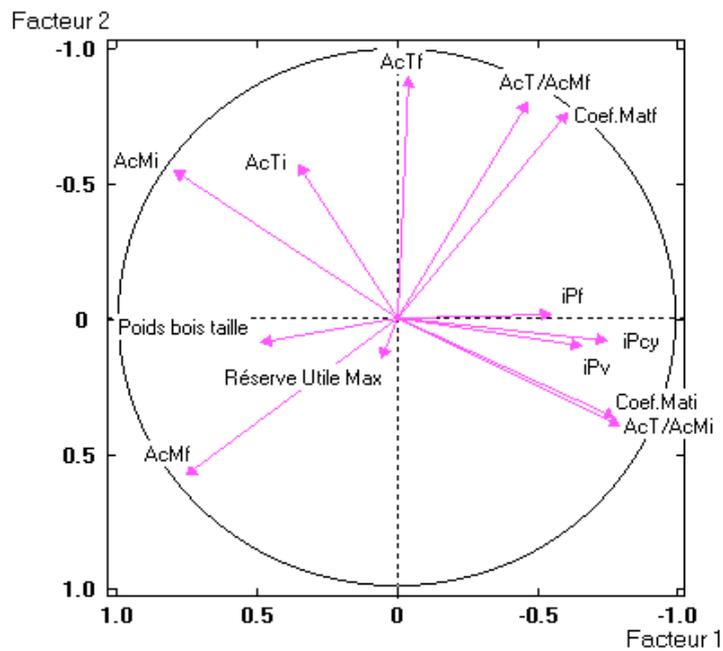


Fig. 4. Analyse en Composantes Principales de l'interaction terroir x millésime.

Fig. 4. Principal Component Analysis for the interaction terroir x vintage.

