

## «Observatoire Mourvèdre»: (1) explication de la qualité du Mourvèdre par le recours à des modèles statistiques

## «Observatoire Mourvèdre»: (1) statistical modelling of quality for Cv. Mourvèdre

CLAVERIE M.<sup>1\*</sup>, DURAND J.F.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Institut Français de la Vigne et du Vin (ENTAV-ITV France), Station régionale Rhône-Méditerranée, Domaine de Donadille, Rodilhan, France,

<sup>2</sup>Laboratoire de Probabilités et Statistiques, Université de Montpellier II, Montpellier, France

\*Corresponding author: [marion.claverie@itvfrance.com](mailto:marion.claverie@itvfrance.com)

Avec la collaboration technique des Chambres d'Agriculture des Pyrénées-orientales, de l'Aude, de l'Hérault, du Gard, du Vaucluse, des Bouches-du-Rhône et du Var ainsi que du Syndicat Général des Vignerons Réunis des Côtes du Rhône, du CIRAME, de l'INRA.

### Abstract

Vine cultivar Mourvèdre is present all around the Mediterranean area and is interesting for its tannins and the specificity of its aromas. It is though difficult to manage. A wide project started in 1999 in order to determine what conditions are mostly important on the quality of the grapes and wines of Mourvèdre. During 5 years and on 32 different plots from Roussillon region up north towards Ardèche and east towards Var vineyards, a large amount of climatic, phenological, water stress, plant and grape data has been collected. Data mining PLS Spline method was used to model different variables of quality like sugar content in musts. The model obtained, that is able to predict the potential of a parcel, pointed out the major importance of the climate, as long as the yield and the leaf canopy management. It has then been validated on 4 different zones for the year 2005.

**Key-Words:** vine, Mourvèdre cultivar, model, maturity, sugar content.

### Introduction

A l'issue des réunions préparatoires du Comité de Concertation Technique Rhône-Méditerranée rassemblant entre 1996 et 1998 les principaux organismes techniques du bassin méditerranéen, la culture du Mourvèdre est unanimement jugée difficile et problématique, les facteurs incriminés étant pêle-mêle l'implantation (cépage tardif), le rendement excessif, la contrainte hydrique, le manque de feuillage. Malgré ce, ce cépage dit "améliorateur" dans les décrets d'AOC reste très intéressant pour les vins d'assemblages du Languedoc ou de la Vallée du Rhône, et primordial pour les rouges et rosés de Bandol.

Par conséquent, un projet de type "observatoire" a vu le jour en 1999 dont l'objectif était d'étudier les contextes climatiques, pédologiques et culturels dans lequel le cépage est implanté, afin de déterminer les facteurs les plus influents sur son comportement et espérer éviter, de ce fait, les plus grosses erreurs, notamment en termes de maturité.

### Matériel et méthodes

Le dispositif retenu était celui d'un réseau de 32 parcelles suivies sur 5 ans par divers partenaires sur toute l'aire d'implantation du cépage. Les parcelles, réparties dans tout le quart sud-est de la France, du Roussillon jusqu'au Var, ont fait l'objet d'un suivi viticole, de vinifications et de dégustations entre 1999 et 2003. Au total, c'est 171 individus (sites\*millésime) qui ont été suivis par 9 organismes différents, comme le montre la figure 1.

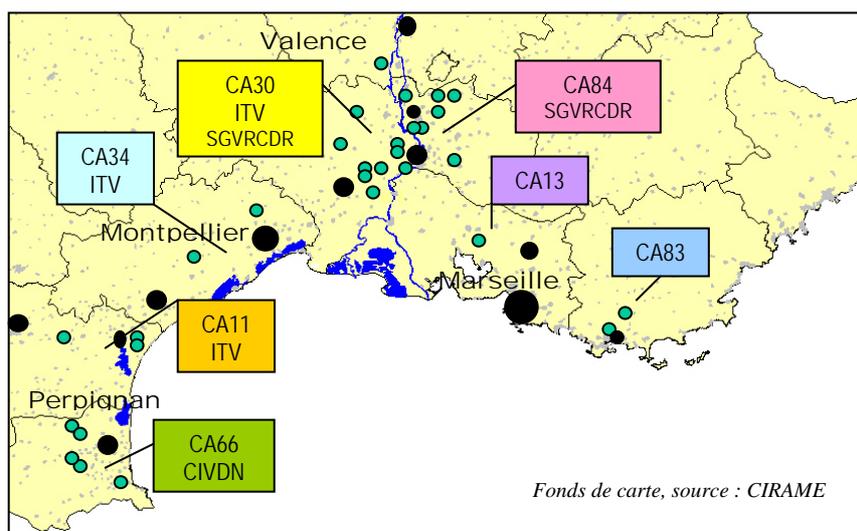


Figure 1. Localisation des 32 sites du réseau « Observatoire Mourvèdre » de 1999 à 2003

Les observations réalisées vont du sol à la vigne et à la récolte, des moûts jusqu'aux vins. Elles touchent aux domaines suivants :

- climatologie : précipitations, sommes de températures, bilan hydrique d'avril à septembre, indice nycthermique (moyenne des températures minimales de la véraison à la récolte) ;
- phénologie : date des principaux stades phénologiques de la vigne (mi-débourrement, mi-floraison, mi-véraison) ;
- sol : fosse pédologique et analyse sur les 2 premiers horizons ;
- agronomie : suivi des potentiels hydriques foliaires de base, mesures sur la végétation (gabarit, charge en bourgeons, rameaux), pesée de récolte, pesée des bois de taille, calculs d'indices (puissance, rapport feuille/fruit) ;
- alimentation minérale : analyse pétiolaire à la véraison ;
- suivis de maturité (3 dates) ;
- analyses à la récolte ;
- analyses à l'encuvage ;
- analyses sur vins après mise en bouteilles ;
- dégustations en vins jeunes et en vins de 1 an.

La vinification est réalisée par différents centres, selon la proximité du site, mais selon un protocole commun. Les données analytiques avant et à la récolte sont mesurées à partir d'un échantillon de 200 baies. Les dégustations sont réalisées par un jury spécifique préalablement formé à la dégustation du Mourvèdre et composé des techniciens partenaires du réseau.

Après une première approche descriptive du réseau, le traitement des données s'est orienté vers une méthode prédictive de modélisation de quelques variables analytiques du raisin et du vin. L'objectif était d'expliquer et de hiérarchiser l'influence des variables agro-environnementales agissant sur la qualité du cépage. Nous allons nous attacher ici à la modélisation de la teneur en sucre des moûts de Mourvèdre, prise en tant qu'indicateur global de qualité (Champagnol, 1984).

## Résultats

### *Modélisation de la maturité du Mourvèdre*

Les données ont été traitées par la méthode PLS Spline, selon un programme mis au point par J.F.Durand (Université Montpellier II). Il consiste en une modélisation des variables descriptives de la qualité des raisins et des vins (ici la teneur en sucre des moûts) après régression sur composantes

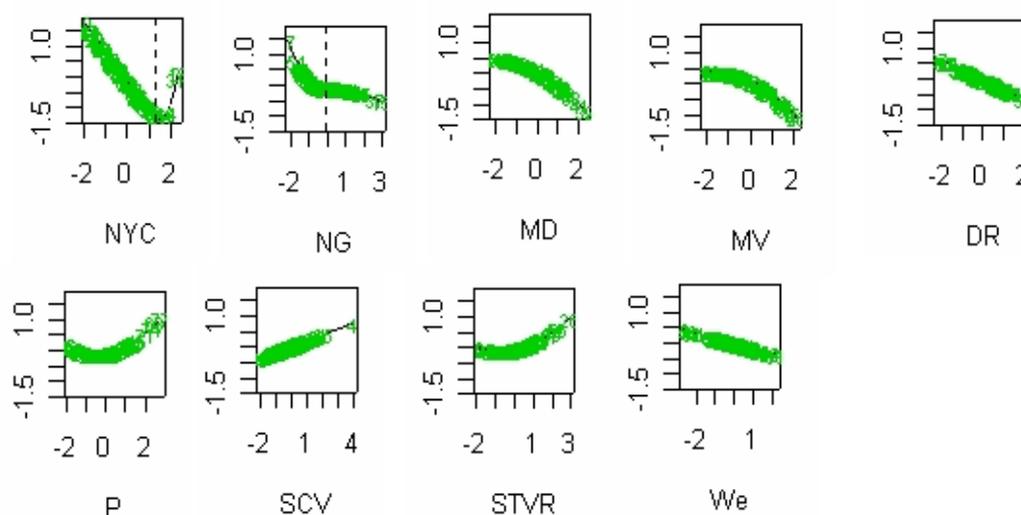
principales issues d'un ensemble de variables explicatives X (climatiques, agronomiques, pédologiques...). Ce type de régression est particulièrement adapté à nos objectifs car il autorise le recours à des tableaux de peu d'individus et beaucoup de variables, ces variables pouvant être très corrélées ; il offre aussi la possibilité de capturer des relations non-linéaires entre variables. L'inconvénient réside dans les données manquantes : il peut en résulter des pertes importantes d'individus incomplets.

19 variables explicatives ont été utilisées pour la modélisation parmi l'ensemble des grandeurs suivies. Les données de contrainte hydrique n'ont pas pu être utilisées à ce stade par manque de sites ayant réalisé les contrôles. En tout 87 individus ont servi à bâtir le modèle.

Le modèle est de qualité acceptable (PRESS=0,36 ; dimension 4 ;  $R^2=0,736$ ). 9 variables ressortent pour expliquer la teneur en sucre des moûts, dont 6 sont prépondérantes :

- la phénologie du site (dates de mi-débourrement, mi-véraison) ainsi que la date de récolte : plus elles sont précoces plus le potentiel en sucre est élevé ;
- le climat pendant la maturation : indice nycthermique (moyenne des températures minimales sur la période véraison-récolte) et somme des températures véraison-récolte (STVR) ; des STVR élevées favorisent la teneur en sucre mais surtout des nuits fraîches ;
- la quantité de récolte, surtout à travers les valeurs extrêmes : récoltes faibles et fort potentiel, récolte fortes et potentiel diminué ;
- le gabarit de végétation fait varier positivement la teneur en sucre des moûts.

Le modèle est représenté sur la figure 2 : chaque courbe représente l'influence d'une variable sur la teneur en sucre des moûts (valeurs centrées réduites).



**Figure 2. Modélisation de la teneur en sucre des moûts de Mourvèdre par PLS Spline (NG = nombre de grappes ; NYC = indice nycthermique, DR=date de récolte, MV=date de mi-véraison, MD=date de mi-débourrement, STVR = somme des températures véraison-récolte, SCV=surface de couvert végétal, P=puissance, We=bilan hydrique théorique)**

Il convient de préciser que le modèle n'est valable que sur le domaine de validité sur lequel il a été bâti. Toutefois, ce domaine est suffisamment large pour englober une grande majorité de situations : d'un point de vue climatique, les années 1999 à 2005, quoique plutôt chaudes en comparaison de décennies antérieures, présentent des différences. Les indices nycthermiques ayant servi à bâtir le modèle par exemple varient de 12,9°C à 22,2°C, les STVR de 441 à 950 °C jours ! D'un point de vue viticole, les rendements étudiés varient de 3200 kg à plus de 10000 kg/hectare. De même les surfaces externes de couvert végétal varient de 0,57 à 2,62 m<sup>2</sup>/cep.

### Validation du modèle "potentiel en sucre"

Si l'indicateur PRESS donne une validation interne du modèle, il est nécessaire d'avoir recours en plus à une phase de validation externe. Cela a été mené à 2 niveaux

- un premier utilisant des sites de l'Observatoire n'ayant pas participé à la construction mais ayant une donnée de teneur en sucre sur raisins renseignée, et dont les résultats sont à la figure 3 (a) ci-dessous ;
- un second utilisant l'année 2005 et des parcelles nouvelles issues de 4 caves coopératives du Vaucluse : Coteaux d'Avignon, Mazan, Cairanne et Visan, en figure 3(b).

Pour chaque cave, avec l'aide du technicien, quelques parcelles ont été choisies sur des critères de précocité à l'échelle du secteur de la cave, de différences de conduite (rendements variés, surfaces foliaires différentes...), d'homogénéité de l'apport (pas en mélange avec un autre cépage), d'absence d'autres facteurs de variation (maladies, carences...) susceptibles de produire des interférences. Une tournée en fin de période de maturation a ensuite permis de caractériser ces parcelles du point de vue de leur conduite, rendement, feuillage, type de sol, symptômes de contrainte hydrique, allure des grappes, des grains... afin de collecter les informations utiles au modèle. Enfin, le degré et le poids de récolte réels ont été collectés auprès des caves à partir des tickets d'apport.

La caractérisation climatique de l'année 2005 a été faite à partir des données météorologiques fournies par le CIRAME (stations de Cairanne, Visan, Mormoiron et Les Vignères). L'évaluation de la phénologie a été faite à partir de 2 sources d'information :

- la corrélation entre le stade phénologique et les sommes de températures afin de fixer des seuils de mi-débourrement et mi-véraison adaptés au Mourvèdre (voir le détail dans l'article suivant : « Observatoire Mourvèdre » : (2) élaboration d'une cartographie d'implantation du cépage Mourvèdre) ;
- la date moyenne sur le secteur considéré.

Les parcelles suivies correspondent à des situations diverses de rendement et de feuillage. D'un point de vue climatique, l'année est assez tardive, surtout au débourrement. Les indices nycthermiques vont de 13,5 à 15,4°C selon les zones. On observe en figure 3 que la qualité de prédiction est bonne eu égard aux renseignements collectés dans les parcelles avant la récolte, exception faite de quelques parcelles, correspondant surtout à des valeurs élevées de potentiel en sucre.

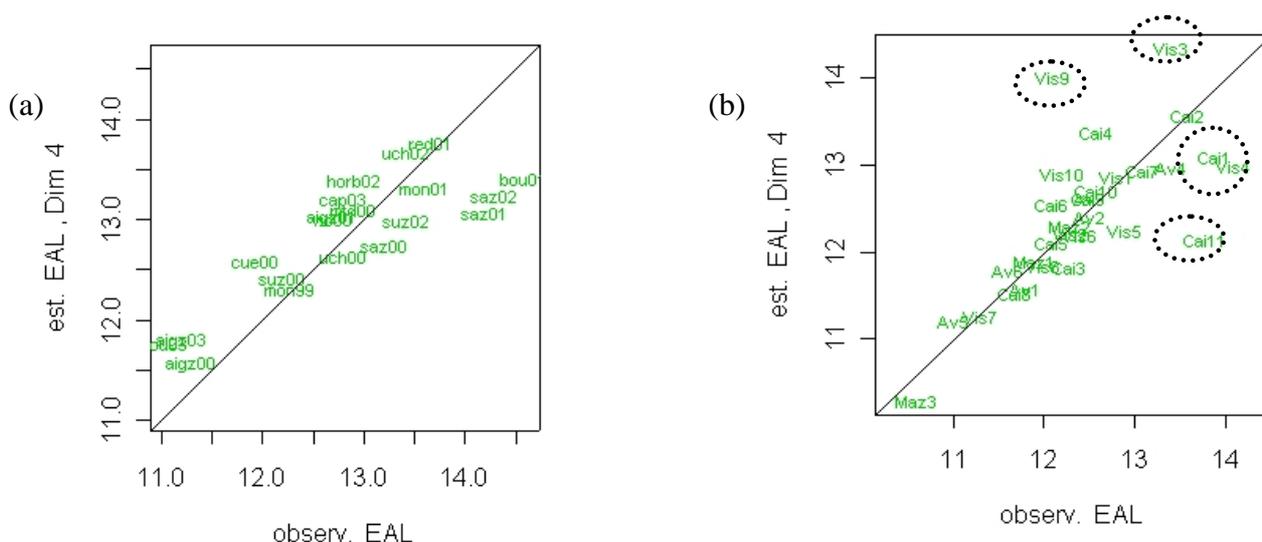


Figure 3. Validation du modèle sucre à l'aide (a) de sites de l'observatoire et (b) de nouveaux sites suivis en 2005 (en y : valeurs estimées, en x : valeurs réelles, EAL=teneur en alcool probable des raisins)

### ***Influence de la contrainte hydrique sur la maturité***

En parallèle, et afin d'évaluer l'effet de la contrainte hydrique sur la maturité du Mourvèdre, un traitement des données spécifique a été réalisé à partir des sites ayant eu au moins 2 mesures de potentiel hydrique foliaire de base durant l'été (l'une avant le 31 juillet, l'autre d'août à la récolte). Une seconde modélisation par PLSS de la teneur en sucre des moûts a été ainsi faite à partir des données de 37 individus, soit 14 parcelles différentes représentées et des millésimes allant de 2000 à 2003. Les niveaux de potentiel de base qui ont été intégrés dans le modèle ont varié de  $-0,1\text{Mpa}$  à  $-0,8\text{Mpa}$ , mais sont restés le plus souvent modérés.

Le modèle obtenu est proche du précédent, et de meilleure qualité, notamment le  $R^2$  ( $\text{PRESS}=0,32$  ; dimension 3 et  $R^2=0,819$ ) : on retrouve bien l'influence positive d'une phénologie précoce, du climat de l'année et de la maturation (indices nycthermiques faibles), de quantités de récolte faible et des hauteurs de feuillage importantes. Pour ces deux dernières variables, le modèle, qui a été utilisé dans une version prenant en compte les interactions entre variables (DURAND and LOMBARDO, 2003) permet d'ailleurs de préciser que l'effet des faibles rendements et de feuillages développés se fait surtout sentir dans des environnements de parcelles ou de millésimes frais : il existe une interaction très nette entre l'effet de la charge et le contexte climatique de la parcelle. L'intervention du rendement ou de la hauteur de feuillage en situation climatiquement limitante ressort bien comme déterminante.

Pour ce qui est de la sécheresse, la variable traduisant la contrainte hydrique (potentiel de base minimal) ressort clairement au premier plan du modèle. Cette dernière handicape linéairement la teneur en sucre des moûts.

D'un point de vue statistique, ce modèle a été obtenu sur nombre trop restreint de points, c'est pourquoi malgré l'intérêt que comporte la prise en compte de la contrainte hydrique sur la détermination du potentiel en sucre, il ne sera pas conservé par la suite. Néanmoins il est concordant avec, d'une part, le modèle obtenu sur le jeu de données entier et d'autre part, avec les connaissances existant sur l'influence de la contrainte hydrique sur la maturité.

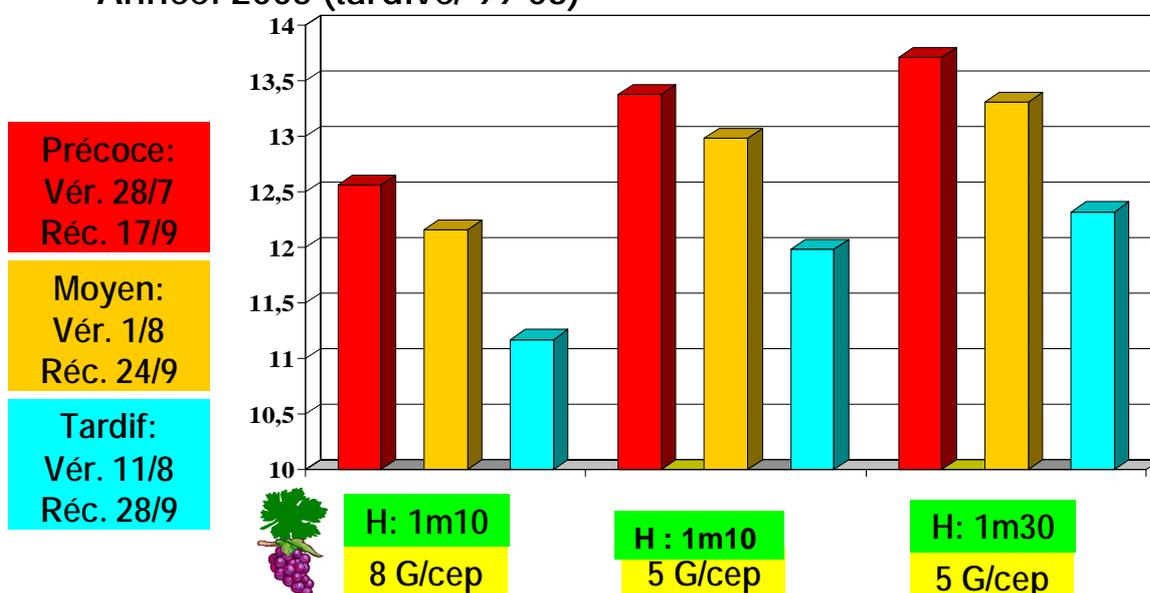
### ***Conditions minimales d'implantation du Mourvèdre***

L'un des objectifs de départ de l'étude était d'éviter les plus grosses erreurs sur Mourvèdre. Pour cela, le degré potentiel est une entrée volontairement simplificatrice considérée comme un indicateur global de qualité (sucre, maturité des pellicules, des arômes...). Autrement dit, si l'on n'est pas assuré d'avoir un "bon" Mourvèdre au-dessus de 12-12,5% vol., en dessous cet objectif est par contre compromis.

De la même façon qu'il existe plusieurs combinaisons de variables aboutissant à un même degré, il existe aussi plusieurs conditions minimales d'implantation, de millésime et de culture permettant d'atteindre cet objectif. Autrement dit, lorsque l'implantation est précoce, le vigneron n'aura pas les mêmes contraintes pour atteindre un degré correct qu'en secteur limite (ou en cas d'exposition médiocre) où il devra veiller encore plus à son rendement et à son feuillage. Là où le cerveau humain sait les énumérer, le modèle présente l'avantage de les quantifier, et d'en donner la résultante.

A moins de le conduire avec des rendements excessifs couplés à une surface foliaire rase, le Mourvèdre implanté en zone chaude, notamment littorale (Pyrénées-Orientales, Var, Clape) n'est que peu handicapé par des conditions de récolte ou de feuillage. Le cas des Mourvèdre implantés en zone intermédiaire à fraîche est différent, comme le montre le graphique de la figure 4.

**SIMULATIONS DU DEGRE PAR LE MODELE**  
**Zone: VAUCLUSE – 3 secteurs de précocité**  
**Année: 2005 (tardive/ 99-03)**



**Figure 4. Scénarii issus des simulations du modèle « potentiel en sucre » du Mourvèdre pour l’année 2005 (H= hauteur de feuillage, G= nombre de grappes par cep)**

Les parcelles en zone précoce et en zone intermédiaire (par exemple véraison fin juillet-début août et récolte en septembre) ont une maturité correcte en 2005 (année plus tardive que la période 1999-2003 étudiée), mais celles en zone tardive, même en conditions de conduite raisonnable, est en déficit de maturité. Dans ce cas, on le voit, des conditions de culture assez drastiques sont nécessaires pour conduire le Mourvèdre en zone limite fraîche : rendement faible (30 hl/ha), hauteur de feuillage optimisée, ce qui n’est pas toujours compatibles avec des objectifs de rentabilité, et ne peut se faire sans une plus forte valeur ajoutée du produit (coût d’éclaircissage, éventuellement de palissage). Ce qui distingue des Mourvèdre plantés dans divers secteurs de précocité est le nombre de millésimes pour lesquels la maturité aura été convenable ; il appartient au vigneron, au vu de la valorisation possible de la parcelle, de décider du risque qu’il souhaite encourir et donc, également, des mesures correctives qu’il est prêt ou pas à prendre.

**Conclusion**

Le traitement des données de l’Observatoire Mourvèdre collectées de 1999 à 2003 par PLS Spline a permis d’obtenir un modèle du potentiel en sucre des moûts de Mourvèdre.

Le modèle fait ressortir la prédominance du climat sur la maturité : une phénologie tardive est très défavorable à la maturité, une maturation à forte amplitude thermique est favorable (influence des nuits fraîches). On retrouve aussi l’importance des conditions de production : rendement et feuillage.

Le degré potentiel est une entrée simple de prévision de la qualité d’une parcelle. Le modèle montre que la qualité d’implantation est primordiale : si les parcelles précoces présentent régulièrement une bonne maturité quasi indépendamment des conditions de culture, la réussite d’une parcelle en situation tardive est plus aléatoire ; le recours à des techniques correctives (rognages légers, éclaircissages, enherbement) permet alors d’améliorer sensiblement la maturité, surtout les années fraîches. Mais ces techniques parfois coûteuses ne peuvent convenir à toutes les parcelles, notamment si elles ne s’accompagnent pas d’une valorisation du produit final.

L’influence de la contrainte hydrique sur la maturité est mal prise en compte dans l’étude ; toutefois elle a pu être modélisée séparément à partir des sites sur lesquels un suivi régulier de la contrainte hydrique a été réalisé. Il ressort une influence linéaire décroissante de la contrainte hydrique sur le

potentiel en sucre du Mourvèdre, pour la gamme de contrainte observée dans l'étude (potentiels de base minimum allant de -0,1 à -0,8 Mpa).

Le modèle peut être utilisé en l'état à partir d'informations sur le climat, la phénologie et la conduite d'une parcelle. Il peut également donner lieu à une application cartographique sur un petit secteur (cf. article suivant).

## Remerciements

Merci aux 4 caves coopératives du Vaucluse qui ont bien voulu collaborer à cette étude en 2005 : la cave de Cairanne, de Mazan, "les Coteaux" de Visan, et "Terres d'Avignon" à Morières.

Cette étude a été menée avec le soutien financier de Viniflor, des Conseils Régionaux Languedoc-Roussillon et Provence-Alpes-Côtes d'Azur.

## Bibliographie

KASPRYK A.C. 1997. Le Mourvèdre. *rapport de DAA ENSA Montpellier*. 51p.

JACQUINET J.C., HERITIER J. Le Mourvèdre, *Chambre d'Agriculture de l'Aude*, 25p.

DURAND J.F. 2001. Local polynomial additive regression through PLS and splines : PLSS. *ELSEVIER Chemometrics and intelligent laboratory systems*. **58** (2001) 235-246.

DURAND J.F., ROMAN S. and VIVIEN M. 1998. Guide d'utilisation de la régression Partial Least Squares linéaire sous Splus. *AgroM-INRA. rapport de recherche n°98-06*. 46p.

DURAND J.F. 2000. La régression Partial Least Squares Spline – Guide d'utilisation sous Splus ». *AgroM-INRA. rapport de recherche n°00-06*. 51p.

DURAND J.F. and LOMBARDO R. 2003. Interaction Terms in Non-linear PLS via Additive Spline Transformation in *"Between Data Science and Applied Data Analysis" Studies in Classification , Data Analysis, and Knowledge Organization*. M. Schader, W. Gaul, M. Vichi (Editors). Springer (2003). 22-29.