

VARIABILITE THERMIQUE DANS LE VIGNOBLE CHAMPENOIS :
CALENDRIER DE PROBABILITE DE GEL
FROST VARIABILITY IN THE CHAMPAGNE VINEYARD:
PROBABILITY CALENDAR

F. LANGELLIER, L. PANIGAI, D. MONCOMBLE (1)
M-F. de SAINTIGNON, S. DURANTON, (2)

(1) : COMITE INTERPROFESSIONNEL DU VIN DE CHAMPAGNE, 5 rue Henri Martin 51200 Epernay
(2) : LABORATOIRE DE LA MONTAGNE ALPINE- CNRS - Espace Serge Martin - 2061, rue de la Piscine,
Domaine universitaire BP 53 - 38041 Grenoble Cedex

Mots-clés : Vignoble de champagne, gel de printemps, risque thermique, réseau météorologique

Key-words : Champagne vineyard, spring frost, probability calendar, meteorological network

RESUME

Dans le vignoble champenois, le risque thermique associé au gel des bourgeons au printemps et en hiver est très mal connu et ne peut être envisagé qu'à l'échelle locale, en raison d'une variabilité spatiale forte. L'objectif de l'étude est d'appréhender ce risque de façon fiable et pluri locale en utilisant le réseau de stations météo récemment implanté. Au démarrage de l'étude (1998), nous ne disposons de données thermiques que depuis 5 ans dans le meilleur des cas. Néanmoins, les données sont recueillies sur plus de 30 sites représentant une grande diversité de situations : bas de coteau, mi-coteau, plaine vallée, plateau etc.. Nous disposons par ailleurs de plusieurs sites hors vignoble avec de longues séries (plus de 30 ans).

Dans un premier temps, la méthode consiste à élaborer, sur la période courte de 5 ans, une « Composante Thermique Régionale » ou « C.T.R. », composante principale de la variabilité thermique d'un ensemble de stations hors vignoble, disposant de longues séries (plus de 30 ans). Cette C.T.R. est établie de telle façon que les stations hors vignoble puissent reconstituer avec une très bonne fiabilité leurs propres séries longues à partir des données de la série courte.

Dans un second temps, à partir de la C.T.R. et des séries courtes (5ans), des séries longues « fictives » sont reconstituées pour chaque station vignoble. Des statistiques de fréquences de gel pour différents seuils de température sont ensuite établies.

Le résultat est un calendrier présentant pour chaque site, par décade et de janvier à mai, la probabilité de connaître chaque jour, une gelée en deçà d'un seuil de température choisi.

La méthodologie revêt plusieurs intérêts : une meilleure connaissance des terroirs, l'aide au choix économique d'un système de protection contre les gelées et la perspective d'étendre cette méthodologie à d'autres variables climatiques.

SESSION II - Intervention n° 14 - F. LANGELLIER

Aspects relatifs au climat

Page 1 sur 12

ABSTRACT

In the Champagne vineyard, the thermal risk corresponding to frost damage of buds in spring and winter is badly known and must be only study at thin scale because of its great spatial variability. The objective of this study is to describe this physical risk with a great reliability on several places of the vineyard, using the recently installed meteorological station network. In the beginning of the study, we have data only for five years in the best case. Nevertheless, these data are collected from more than 30 stations, representing a great number of topographic situations: bottom, middle of hills, plains, valleys. We also have out-of-vineyard stations with long thermal series.

At first, the method consist of establishing the C.R.T. (Regional Thermal Component), which is the main component of the thermal variability of a set of several out-of-vineyard stations, having long thermal series (more than 30 years). This C.R.T. is elaborated so as to reconstitute with a good reliability out-of-vineyards stations long thermal series from short thermal series.

At last, virtual long thermal series of vineyard stations are reconstituted from both short thermal series and C.R.T. Then, frequency statistics of thermal risk are established for different temperature levels. This method is interesting for 3 reasons: a better knowledge of our vineyard, selecting easily the most cheaper frost protecting system in each situation and extending perhaps this method to other climate parameters.

INTRODUCTION

En Champagne, depuis toujours et de façon chronique, les gelées de printemps causent d'importants dégâts sur les vignes. Ce fut le cas encore récemment de 1989 à 1991, où près d'un tiers à la moitié du terroir gela.

Si le niveau de sensibilité de la vigne dans le temps, en fonction de son stade de développement, est assez bien connu, nous ne disposons que de peu d'informations sur le risque « thermique » au cours des mois « sensibles », à savoir avril et mai. La connaissance de ce risque serait pourtant très utile aux viticulteurs, par exemple, pour le choix d'un système de protection contre le gel. Une méthode originale mise au point par l'équipe de Serge MARTIN (CNRS- Laboratoire de la Montagne Alpine) apporte une réponse intéressante à la connaissance de ce risque.

OBJECTIF DE LA METHODE

Le risque thermique peut se formuler ainsi: quelle probabilité a-t-on d'avoir à une époque donnée et en un lieu donné du vignoble, une température au sol (indice actinothermique, au niveau des bourgeons) inférieure à un seuil donné?

PROBLEMATIQUE

La réponse à la question ne présenterait aucune difficulté si nous disposions d'un très grand nombre de stations météo implantées dans le vignoble depuis 30 ans au moins et présentant des relevés thermiques au sol (indice actinothermique). (Figure 1)

Au moment de l'étude, il existe un réseau d'une trentaine de stations météo automatiques implantées dans le vignoble (figure 1) mais dont l'antériorité ne dépasse pas 5 ans. Par

SESSION II – Intervention n° 14 – F. LANGELLIER

Aspects relatifs au climat

Page 2 sur 12

contre, les mesures thermiques sous abri et au sol sont systématiques. En outre, hors vignoble, dans un rayon de 100 km autour de ce dernier (figure 2), on dispose d'une quinzaine de sites météo manuels anciens, disposant d'une bonne antériorité : 30 à 60 ans. Cependant, seule la température sous abri est relevée et seul un site dispose de mesures au sol (indice actinothermique). (Figure 2)

Une question se pose alors : peut-on utiliser les longues séries thermiques (sous-abri) des stations hors-vignoble pour reconstituer « statistiquement » des séries longues sur les stations viticoles et établir ainsi des calendriers de probabilité de gel (indice actinothermique)?

METHODOLOGIE, RECONSTITUTION DES TEMPERATURES SOUS-ABRI

Principe général

La méthode a déjà été testée en secteur de montagne. Il s'agissait d'établir, en hiver, la probabilité de périodes de froid continu propices au maintien satisfaisant d'un manteau neigeux, information particulièrement intéressante pour valider l'implantation d'une station de sport d'hiver par exemple.

Le principe de la méthode est de relier statistiquement, la période courte (4 ans, ici 1992-95) d'une station vignoble à faible antériorité (série courte) avec la même période d'une station à forte antériorité (ici 1961 à 1995 en moyenne, réseau de référence). Lorsque la relation est jugée de bonne qualité, on réalise une reconstitution des séries thermiques longues sur le site viticole. Puis, les fréquences pour chaque seuil thermique et chaque époque de l'année sont calculées depuis mars jusqu'à juin.

Etablissement des « Composantes Thermiques Régionales » (C.T.R.)

En fait, ce lien statistique n'est pas établi avec une seule station série longue (hors vignoble) mais avec la Composante Thermique régionale. Cette C.T.R. peut être assimilée à une station virtuelle dont les températures constitueraient la tendance moyenne de l'ensemble des stations à série longue. Elle s'affranchit du comportement original d'un site isolé pour ne retenir que la tendance climatique globale à l'échelle de la région. L'originalité de la méthode consiste précisément dans l'établissement de cette C.T.R..

Contrôle de l'homogénéité des séries longues

Dans un premier temps, pour chaque station supposée contribuer à la C.T.R., l'homogénéité des températures est testée à travers des courbes de double-cumuls (figure 5). La station est comparée en données annuelles et mensuelles avec une station de référence, ici, la station synoptique de Météo France (Reims). Sont envisagées aussi bien les températures minimales, moyennes que maximales. L'allure de la droite obtenue, et notamment ses discontinuités ou ses ruptures de pente renseignent sur une modification éventuelle au niveau du site, source d'hétérogénéité : changement d'emplacement, d'environnement ou de capteur. D'autres tests sont utilisés comme l'analyse des résidus après régression permettant de détecter les données aberrantes qui sont cataloguées et soumises à l'expertise des personnels de Météo France en vue d'une correction éventuelle. L'ensemble des stations « séries longues » étant testées, on ne retient que celles qui présentent les meilleures garanties d'homogénéité.

Auto-validation des C.T.R. à l'aide des séries longues

Il s'agit tout simplement de vérifier la méthode de reconstitution sur les propres stations contribuant à la C.T.R.. C'est tout à fait possible puisque ces stations disposent à la fois de la série courte dite de « calage » (1992-95) et de la série longue dite de « validation » (plus de 30 ans).

Pour chaque station auto-validée, une nouvelle C.T.R. est établie en prenant en compte toutes les stations à longue série sauf celle qui est auto-validée. Une régression linéaire est établie entre la C.T.R. et la station, sur l'échantillon de calage (1992-95). La relation est jugée satisfaisante lorsque l'écart-type des résidus de la régression ($\sigma\epsilon$) est inférieur à 2°C (Tableau 1), ce qui est le cas ici. La série longue est reconstituée en utilisant cette régression (Tableau 1).

Les fréquences de risque de gel à -1 °C, 0°C, 2°C et 3°C reconstituées et réelles sont finalement comparées par décade, de mars à mai (figures 3,4). Des écarts de moins de 5% entre les valeurs reconstituées et observées sont jugées satisfaisantes. Au delà, la reconstitution est mauvaise.

Plusieurs sites voient une bonne adéquation entre les deux. C'est le cas de Reims, Laon, Avize, Esternay, Somsois). Par contre, Epernay, Frignicourt et Mourmelon sont moins satisfaisants. A l'opposé, Sommesous et Rémicourt fournissent de mauvaises reconstitutions (Figures 3 et 4).

Le problème est de savoir si les difficultés rencontrées proviennent d'un comportement climatique naturel où s'il s'agit d'anomalie dans les mesures du site étudié.

Plusieurs outils sont développés afin d'expliquer ces résultats : courbes de doubles cumuls (Figure 5), moyennes comparées entre séries de calage et de validation et résidus de la régression avec les C.T.R. (Figure 5).

Ces techniques permettent de détecter des « incohérences » dans les séries. Très souvent, il s'agit de déplacement de postes météo ou de modification dans l'environnement de celui-ci.

Liaison entre les séries courtes des stations automatiques et les C.T.R. (Tableau 2)

Les coefficients de détermination de la régression entre les séries thermiques courtes et les C.T.R. sur la même période sont proches de 0,9 en mars et avril et de 0,8 en mai. L'écart-type des résidus est toujours inférieur à 2°C. Ceci autorise la reconstitution.

RECONSTITUTION DES MINIMA EN INDICE ACTINO. A L'AIDE DE LA C.T.R.

Ne disposant que d'une seule station à longue série avec l'indice actinothermique (Reims) le problème se pose de trouver la variable utile pour reconstituer : C.T.R. des minimums sous abri, indice actinothermique à 10 et 50 cm à Reims ? (Figure 6).

Les meilleurs coefficients de détermination et résidus sont obtenus (Figure 6) avec les régressions entre les séries courtes (minima actinothermiques) et les C.T.R. (minima sous abri). Les minima actinothermiques à Reims donnent les moins bons résultats. Les écarts-types des résidus sont inférieurs à 2 °C ce qui autorise la reconstitution.

RESULTATS

La méthode de reconstitution est appliquée à 23 stations du réseau automatisé dont 16 dans la Marne, 1 dans l'Aisne et 6 dans l'Aube. Elle débouche sur 2 types de graphiques par site : calendrier d'occurrences de gel en données discrètes et calendrier d'occurrences en données lissées (Figure 7).

APPLICATIONS

Dans un premier temps, les calendriers de fréquence de gel permettent de dresser sur chaque site, une estimation du nombre moyen de jours de gels à un seuil donné et au delà d'une certaine date. Le tableau 3 présente pour chacun des sites, le nombre de jours de gel thermique à -2°C après le 10/04 et après le 20/04 (Tableau 3).

Ces éléments peuvent être pris en compte dans l'évaluation du coût annuel d'un système de protection contre les gelées de printemps (Figure 8).

Tableau IV. Régression entre les échantillons de calage de la série "cobaye" et les composantes sans la série "cobaye" : coefficient de détermination (R^2) et écart-type des résidus (σ_{ϵ}).

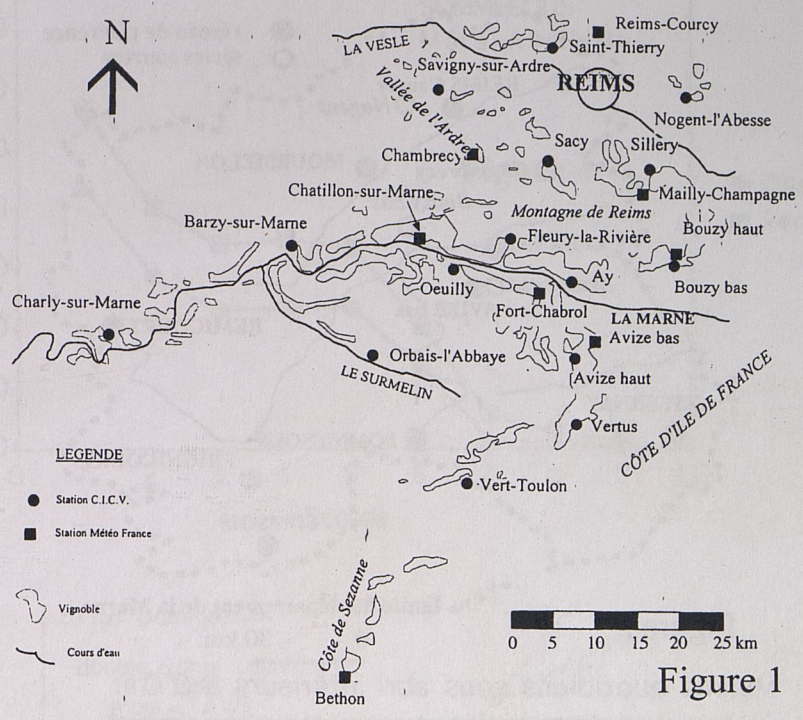
Série "cobaye"	Mars		Avril		Mai	
	R^2	σ_{ϵ}	R^2	σ_{ϵ}	R^2	σ_{ϵ}
Reims	0.92	1.1	0.90	1.2	0.92	1.0
Epernay	0.85	1.4	0.89	1.2	0.88	1.1
Avize	0.86	1.4	0.86	1.3	0.83	1.3
Esternay	0.77	1.6	0.83	1.5	0.77	1.6
Frignicourt	0.88	1.2	0.92	1.0	0.88	1.0
Mourmelon	0.88	1.3	0.86	1.3	0.92	1.1
Remicourt	0.88	1.1	0.86	1.3	0.72	1.7
Sommesous	0.83	1.5	0.90	1.1	0.88	1.2
Somsois	0.92	1.2	0.81	1.4	0.92	1.0
Laon	0.85	1.4	0.86	1.3	0.86	1.3

Tableau 2 . Liaisons entre les séries courtes et les composantes thermiques régionales : comparaison avec Reims (1993-1995).

Sites	MARS				AVRIL				MAI			
	β_1 et β_2		Reims		β_1 et β_2		Reims		β_1		Reims	
	R^2	σ_{ϵ}	R^2	σ_{ϵ}	R^2	σ_{ϵ}	R^2	σ_{ϵ}	R^2	σ_{ϵ}	R^2	σ_{ϵ}
Avize mi-cot.	0.85	1.5	0.82	1.5	0.83	1.5	0.72	1.9	0.68	1.6	0.63	1.7
Bouzy bas	0.88	1.2	0.83	1.4	0.89	1.2	0.79	1.6	0.81	1.3	0.70	1.5
Avize bas	0.93	1.1	0.89	1.3	0.90	1.1	0.81	1.5	0.87	1.0	0.84	1.2
Chambrecy	0.93	1.2	0.95	0.9	0.89	1.3	0.93	1.0	0.92	1.1	0.94	0.9

Tableau 3

Nombre de jours de gel après le 10/04 et le 20/04 ($l_a \leq -2^{\circ}\text{C}$)				
Station	Position / coteau	Déptt	le 10/04	le 20/04
Charly (s/abri <0°C)	milieu	2	2.0	0.7
Ailleville	milieu	10	8.6	3.7
Colombé-la-Fosse	milieu	10	1.1	0.3
Cunfin	haut	10	2.3	0.7
Les Riceys	bas	10	8.0	3.3
Vitry-le-Croisé	bas	10	4.1	1.5
Viviers-sur-Artaut	milieu	10	1.5	0.5
Avize	bas	51	1.9	0.6
Avize	milieu	51	0.4	0.1
Aÿ	bas	51	0.3	0.1
Bethon	bas	51	0.5	0.1
Bouzy	bas	51	0.8	0.2
Bouzy	milieu	51	0.4	0.1
Chambrecy	bas	51	8.6	4.4
Châtillon-s/M.	milieu	51	2.0	0.7
Epernay	bas	51	0.8	0.2
Fleury-la-Rivière	milieu	51	0.5	0.1
Mailly-Champagne	milieu	51	0.8	0.3
Nogent-l'Abbesse	milieu	51	0.4	0.1
Oeuilly	milieu	51	0.7	0.2
Orbais-l'Abbaye	bas	51	2.1	0.6
Sacy	milieu	51	0.4	0.1
Savigny-sur-Ardre	bas	51	1.7	0.6
Sillery	bas	51	1.8	0.6
Saint Thierry	bas	51	0.4	0.1
Vert-Toulon	bas	51	1.9	0.6
Vertus	milieu	51	0.3	0.1
Moyenne 27 stations			2.0	0.8
Moyenne Aube			4.3	1.7
Moyenne Marne			1.3	0.5
Moyenne milieu de coteau			1.4	0.5
Moyenne bas de coteau			2.5	1.0



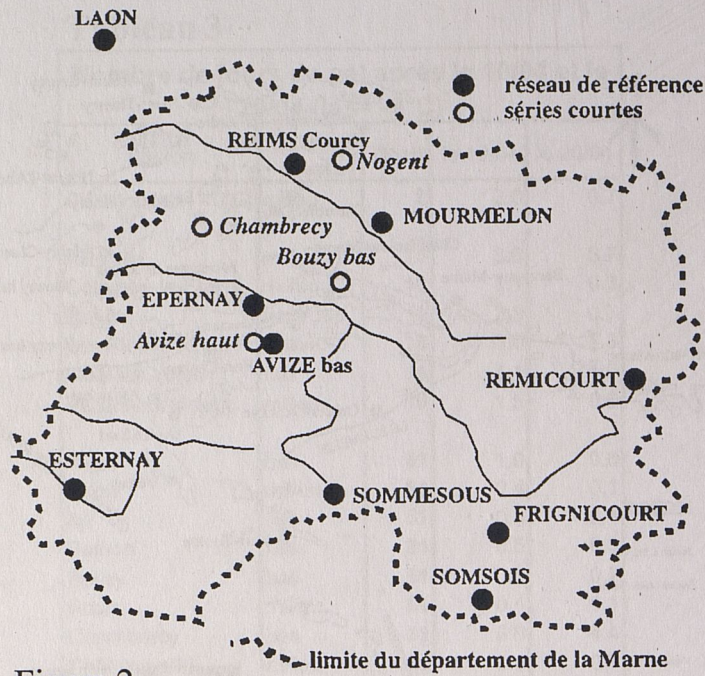


Figure 2

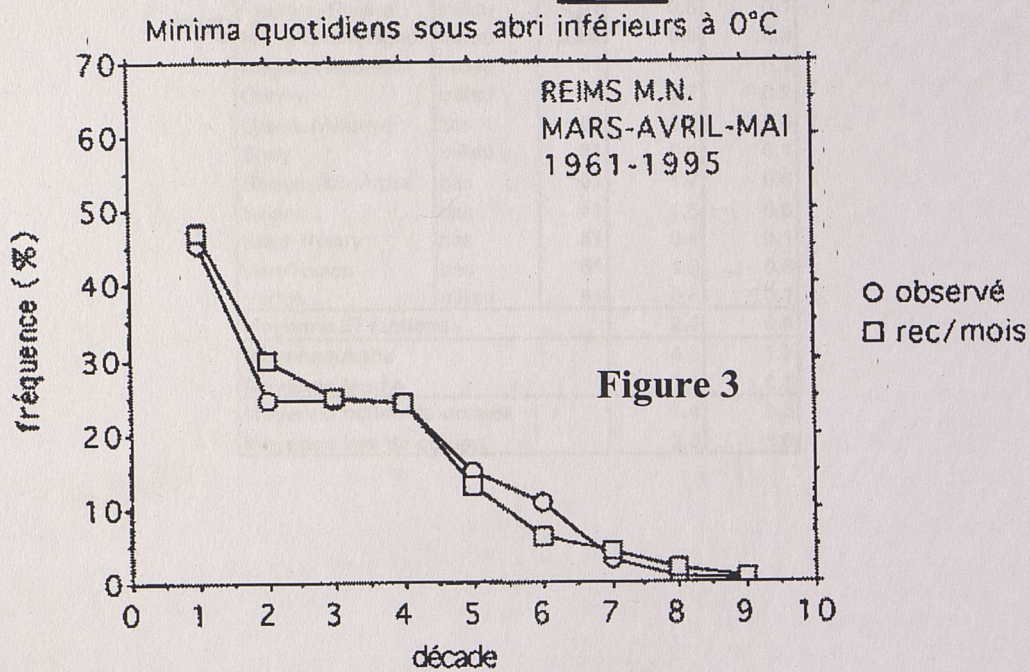
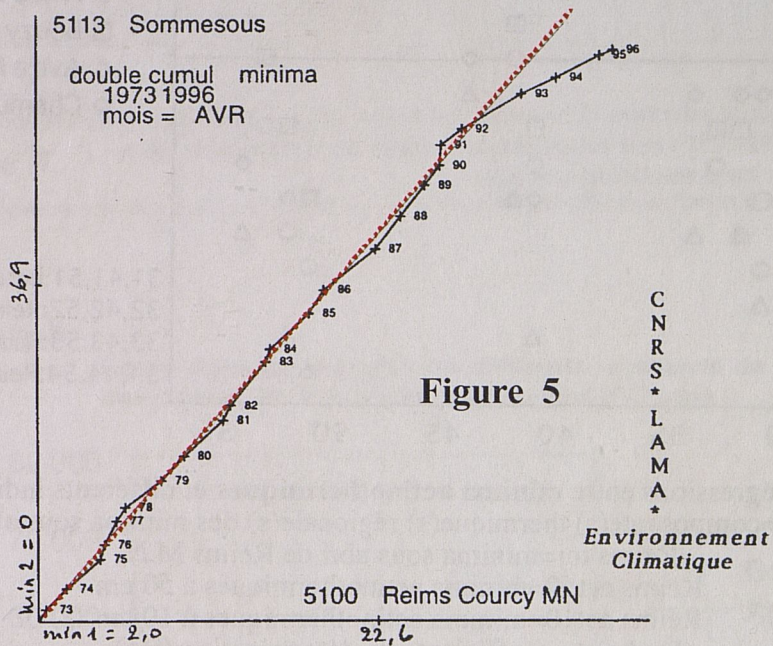
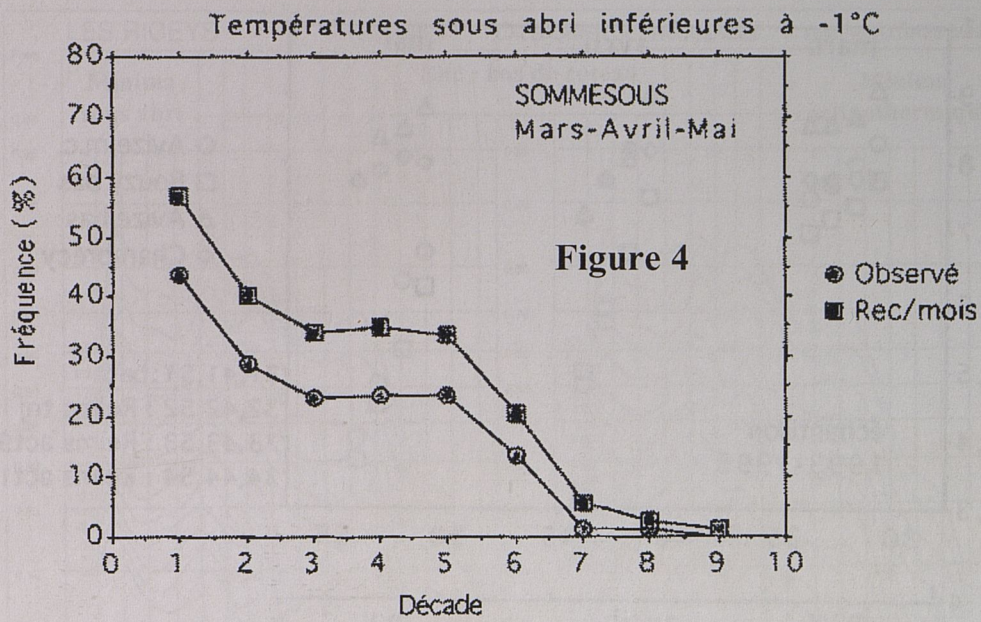


Figure 3



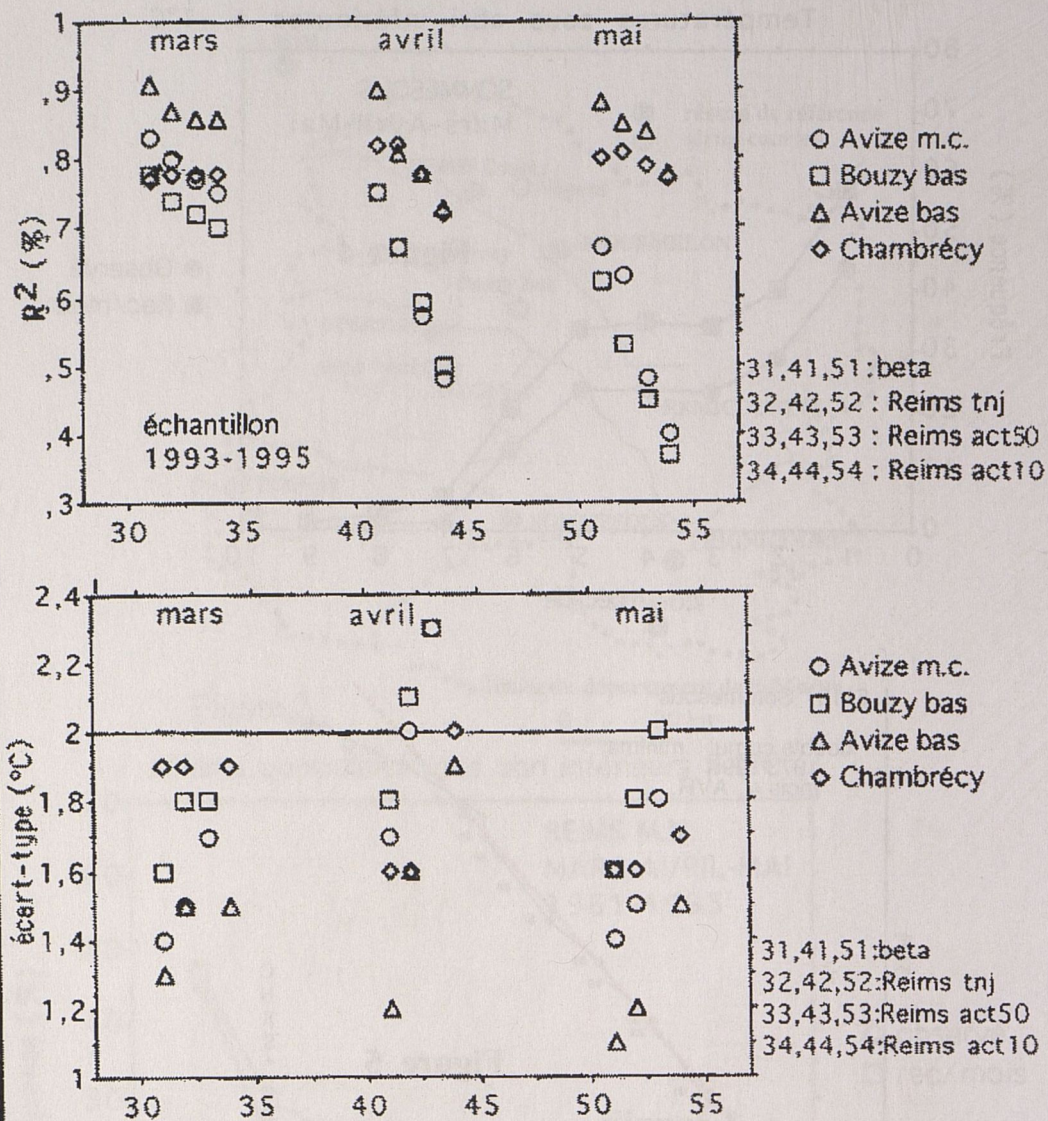
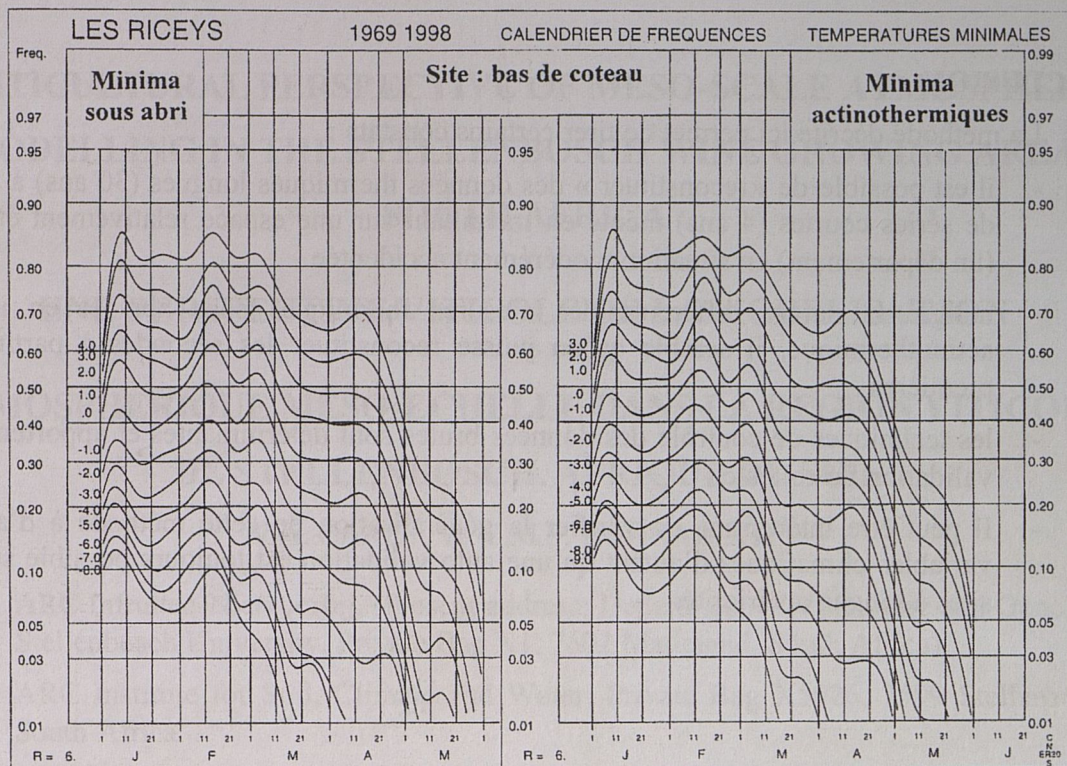


Fig. 83 : Régressions entre **minima actinothermiques** et différents indicateurs :
 beta=composante(s) thermique(s) régionale(s) des minima sous abri
 Reims tnj=minima sous abri de Reims M.N.
 Reims act50=minima actinothermiques à 50 cm
 Reims act10=minima actinothermiques à 10 cm
En haut : coefficients de détermination (R^2)
En bas : écart-type des résidus.



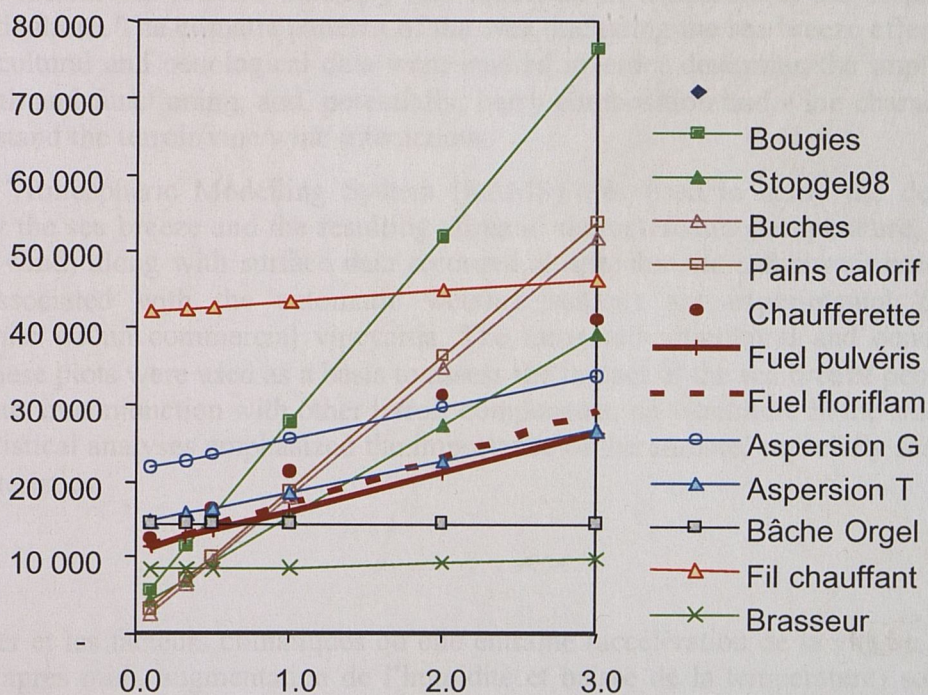
Reconstitutions réalisées à partir des *composantes thermiques régionales* des minima sous abri (1969-1998)

Figure 7 et des échantillons de calage : - minima sous abri : 1993-1998
- minima actinothermiques : 1994-1998

Les composantes thermiques régionales sont calculées à partir d'un réseau de référence de 7 postes de mesure de METEO-FRANCE

Figure 8

Coûts annuels comparés de différents systèmes de protection des vignes contre la gelée de printemps (FF/ha/an)



SESSION II - Intervention n° 14 - F. LANGELLIER

Aspects relatifs au climat

CONCLUSION

La méthode décrite ici permet de tirer certains constats :

- il est possible de «reconstituer» des données thermiques longues (30 ans) à partir de séries courtes (4 ans) même en travaillant sur une espace relativement étendu (un département) en situation modérément accidentée.
- malgré la nature différente des mesures thermiques sous abri et en indice actinothermique, il semble qu'on puisse reconstituer les secondes à partir des premières .
- les techniques de contrôle des données brutes sont déterminantes et apportent une validation de celles-ci.
- Il peut être intéressant de vérifier la généralisation de cette méthode à d'autres variables climatiques d'autant qu'une auto validation est toujours possible sur les sites à longue antériorité.