

CLIMAT ET VITICULTURE :

ÉVOLUTION DES TEMPERATURES SUR LE DÉPARTEMENT DE L'HERAULT, UN EXEMPLE DE RECHAUFFEMENT CLIMATIQUE

Jean-Luc TONDUT¹, Frédéric LAGET¹, Alain DELOIRE²

¹ACH, 84 avenue d'Assas, 34000 Montpellier

²AGRO Montpellier, UMR 1083 « Sciences pour l'Œnologie et la Viticulture », 2 pl P.Viala, 34060 Montpellier cedex 1

INTRODUCTION

Les stades phénologiques de la vigne sont dépendants des températures de l'air, notamment pour le débourrement, la floraison et la véraison. Les indices héliothermiques permettent de raisonner la viticulture, notamment : l'adaptation des cépages au climat, la caractérisation des terroirs, la sélection parcellaire, la maturation du raisin (sucres, couleur, arômes, etc.), le positionnement des stades phénologiques (Tonietto et Carbonneau, 2004 ; Lorenz *et al.*, 1995 ; Carbonneau *et al.*, 1992 ; Barbeau *et al.*, 1998 ; Huglin et Schneider, 1998 ; Winkler *et al.*, 1974). Il est donc important de pouvoir suivre spatialement les données thermiques pour décrire et comprendre la culture de la vigne en relation avec la typicité des vins.

L'Association Climatologique de l'Hérault, créée en 1969 a pour missions principales l'observation et la gestion des données, le conseil et l'appui technique ainsi que l'information et la communication (cf. les bulletins de l'ACH).

C'est ainsi que, depuis plus de 30 ans, en partenariat avec les services de Météo-France, elle enregistre et valide les données climatiques dans une base de données départementale. En ce qui concerne la viticulture, le réseau de stations météorologiques se compose aujourd'hui de plus de 30 stations dont 21 stations automatiques CIMEL, réparties sur les 8 unités agro-climatiques définies sur le département de l'Hérault (**Figure 1**).

Les données CIMEL sont horaires et journalières et permettent d'enregistrer de nombreuses variables dont les températures maximale et minimale, la pluie mais aussi le vent, l'hygrométrie et l'humectation.

Cet article décrit l'évolution des températures sur le département de l'Hérault (région Languedoc-Roussillon, France) depuis plus de 50 ans.

1. ÉVOLUTION DES TEMPERATURES (1949-2004) EN REGION MEDITERRANEENNE

L'évolution des températures minimales et maximales sur 56 ans est obtenue à partir du poste de référence sur le département de l'Hérault (**Figure 2**). Cette figure montre 3 grandes périodes :

- ✓ une période fraîche (de 1949 à 1976),
- ✓ une période intermédiaire (de 1976 à 1985),
- ✓ et il est observé une période plus chaude depuis la seconde moitié des années 1980. Sur cette dernière période de 25 ans, toutes les mesures annuelles se trouvent toujours au-dessus des moyennes. Cette observation se confirme sur l'ensemble du territoire français (source Météo-France).

Il faut remarquer une différence entre les températures minimales et maximales avec une augmentation significative des températures minimales surtout depuis 1986. Cela peut être interprété comme le signe d'un réchauffement, du moins sur la zone étudiée. Les causes possibles ne seront pas évoquées ici.

Ces données sont importantes à traduire dans le cadre des activités économiques de la région Languedoc Roussillon, et notamment en agriculture. Les conséquences en matière d'évolution de la viticulture doivent maintenant être étudiées.

2. BILANS ET INDICES HELIOTHERMIQUES : LOCALISATION SPATIALE DES TEMPERATURES

Nous allons présenter deux types de données :

- ✓ D'une part, les bilans thermiques qui sont la somme des températures moyennes supérieures à 10°C.
- ✓ D'autre part, l'évolution des indices héliothermiques. Les indices climatiques utilisés en viticulture sont décrits dans la littérature (Tonietto et Carbonneau, 2004 ; Vaudour, 2003 ; Riou, 1998 ; Huglin, 1978). Les indices de Huglin et de fraîcheur des nuits sont présentés ci-après.

2.1 BILANS THERMIQUES

À partir de 3 stations climatologiques de référence réparties sur le département de l'Hérault (d'est en ouest, cf. **figure 1**), nous avons calculé les bilans thermiques de 1970 à 2003 sur le cycle végétatif de la vigne (20 mars-30 septembre).

La **figure 3** montre que le réchauffement est prononcé pour les 3 postes avec, néanmoins, des nuances spatiales. En effet, il faut noter que le réchauffement est plus prononcé au cœur du département et à l'est que dans sa partie ouest.

La **figure 4** montre que le réchauffement est différencié au cours du cycle végétatif de la vigne.

Les bilans thermiques augmentent comparativement plus au printemps et notamment en juin (**figures 3, 4 et 5**).

Ces données et ces évolutions climatiques récentes doivent être maintenant interprétées dans un contexte viticole.

2.2 INDICE HELIOTHERMIQUE DE HUGLIN (IH)

La corrélation de cet indice avec la teneur en sucre du raisin est élevée. Il permet d'avoir une idée du potentiel en sucre de différents cépages dans un contexte donné.

L'indice de Huglin (1978), calculé du 1^{er} avril au 30 septembre, est basé sur la somme des températures moyennes et maximales de l'air (en base 10). La somme des températures est corrigée d'un coefficient de longueur du jour.

À partir d'un poste de référence (**figure 6**), cet indice évolue très nettement, surtout depuis 1999, où chaque année est au-dessus de 2 200° C.

Sur ces 7 dernières années, ce poste de référence (situé en zone chaude du département de l'Hérault) est dans la limite supérieure du tempéré chaud et même en 2003, il s'est inscrit dans la classe chaud.

Climats viticoles	Indice de Huglin (IH)
Très chaud	> 3 000
Chaud	> 2 400 ≤ 3 000
Tempéré - chaud	> 2 100 ≤ 2 400
Tempéré	> 1 800 ≤ 2 100
Froid	> 1 500 ≤ 1 800
Très froid	≤ 1 500

Tableau 1 : Classes des climats viticoles en fonction de l'indice héliothermique de Huglin (Tonietto et Carbonneau, 2004)

Table 1 : classes of viticultural climate in relation with the Huglin index (Tonietto et Carbonneau, 2004).

2.3 INDICE DE FRAICHEUR DES NUITS (IF)

Il correspond à la température nocturne moyenne du mois qui précède la vendange. Cet indice permet le classement des régions viticoles (tableau 2). Les températures nocturnes sont importantes pour la maturité du raisin (biosynthèse des anthocyanes, entres autres). Les analyses sensorielles des vins dans le cadre des études terroir sur un réseau de parcelles (exemple de la syrah, du grenache noir, du sauvignon) ont montré une relation entre l'IF et l'arôme des vins (Carey et Bonnardot, 2004 ; Tonietto et Carbonneau, 2004 ; Deloire et al., 2002).

Typologie des nuits	Classes d'indices de fraîcheur des nuits
Nuits très fraîches	≤ 12
Nuits fraîches	> 12 ≤ 14
Nuits tempérées	> 14 ≤ 18
Nuits chaudes	> 18

Tableau 2 : Classes des indices de fraîcheur des nuits (Tonietto et Carbonneau, 2004)

Table 2 : Classes of night coolness indices (Tonietto et Carbonneau, 2004)

Grâce à cet indice, différentes zones du département de l'Hérault ont ainsi pu être caractérisées (tableau 3). Il s'agit, par exemple, du nord Montpellierais (Pic Saint-Loup) et de la vallée de l'Orb.

Il faut remarquer que cet indice n'est pas toujours corrélé à l'altitude. L'exposition, l'orographie et l'influence des sols (taux d'Albédo en fonction de la couleur des sols) doivent être prises en compte pour expliquer la valeur de l'indice.

2.4 TEMPERATURE DE L'AIR ET TEMPERATURE DU SOL (IF)

La figure 7 montre un exemple de relation entre la température de l'air et la température du sol. En effet, ce genre d'approche est important pour comprendre l'impact respectif des températures de l'air et du sol sur la biologie de la vigne.

Sur les sols assez profonds de colluvions, en partenariat avec Météo-France, l'A.C.H mesure depuis 1976, grâce à une sonde, la température à différente profondeur (20 cm, 50 cm et 1 mètre). Ce dispositif concerne seulement 2 postes sur le département car il est coûteux et contraignant.

Nous avons pu établir une corrélation entre la température de l'air et la température du sol à partir des données moyennes établies sur une période de 10 ans.

La forte corrélation ($R^2 = 0,9739$), permettrait de définir, à partir des données de température de l'air, les températures du sol à 50 cm de profondeur sur des sols de colluvions.

Ces informations doivent se raisonner en relation avec l'implantation du système racinaire pour pouvoir mieux comprendre le fonctionnement de la vigne dans un contexte sol - climat donné.

Zone agro-climatique	Altitude	IF moyen	Classe	IF 2001	Classe
Minervois	150 m	14,1	Nuits tempérées	12,2	Nuits fraîches
Biterrois	20 m	13,9	Nuits tempérées à fraîches	13,1	Nuits fraîches
Hauts Coteaux	220 m	14,8	Nuits tempérées	13,6	Nuits fraîches
Valle de l'Orb	370 m	12,2	Nuits fraîches	11,9	Nuits fraîches à très fraîches
Basse Vallée de l'Hérault	30 m	12,9	Nuits fraîches	12,3	Nuits fraîches
Moyenne Vallée de l'Hérault	60 m	12,3	Nuits fraîches	11,6	Nuits très fraîches
Montpellierais	3 m	14,8	Nuits tempérées	13,7	Nuits fraîches
Nord Montpellierais	150 m	13,2	Nuits fraîches	11,3	Nuits très fraîches

Tableau 3 : Indice de fraîcheur des nuits sur le département de l'Hérault en fonction des zones agro-climatiques. Exemple de l'indice de fraîcheur des nuits de 2001 comparé à l'indice de fraîcheur des nuits moyen sur une période de 20 années.

Pour le département, l'Indice de fraîcheur des nuits est variable d'une zone à l'autre avec des aires de production très favorisées comme la vallée de l'Orb ou le nord Montpellierais. Cet indice est également variable entre millésimes.

Table 3 : Night coolness index for the Hérault department according to agro-climate zones. E.g: night coolness index for 2001 compared to the mean night coolness index over a 20-year period. In the Hérault department, the night coolness index varies from one zone to another ; certain production areas are favoured such as the Vallée de l'Orb or the Northern Montpellier area. This index also varies from one year to another.

CONCLUSION

L'aire viticole du département de l'Hérault s'inscrit dans le contexte du réchauffement climatique mondial.

Les millésimes du début du XXI^{ème} siècle sont tous chauds ou très chauds (2003) avec des températures qui augmentent surtout au printemps.

À partir de parcelles de référence, il s'agit maintenant de mieux comprendre les effets possibles de ces changements

climatiques sur la physiologie de la vigne. Comment la vigne s'adapte et s'adaptera-t-elle ? Y aura-t-il des conséquences sur la typicité des vins ?

Ces informations climatiques sont parmi les éléments de base à prendre en compte pour une réflexion globale sur l'évolution de la viticulture.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient le Dr. Mary Kelly (Université de Montpellier I) pour la traduction anglaise.

BIBLIOGRAPHIE

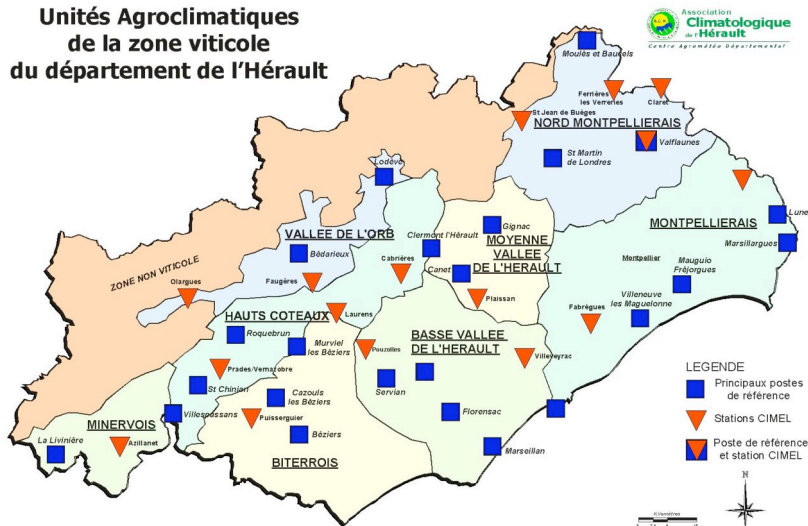
- A.C.H., 1997.** Recueil départemental du milieu naturel, 90 p.
- A.C.H., 2001.** Environnement naturel et terroirs viticoles sur la zone A.O.C. Pic Saint-Loup, 50 p.
- A.C.H., 2002.** Environnement naturel et terroirs viticoles sur la zone A.O.C. Coteaux du Languedoc Terrasses du Larzac, 50 p.
- A.C.H., 2003.** Environnement naturel et terroirs viticoles sur la zone A.O.C. Minervois, 50 p.
- A.C.H., 2003.** Environnement naturel et terroirs viticoles sur la zone A.O.C. Faugères, 50 p.
- A.C.H., 2004.** Environnement naturel et terroirs viticoles sur la zone des Vins de Pays des Côtes de Thongue, 50 p.
- A.C.H., 2000-2005.** Bilans millésimes sectorisés, 30 p.
- CONSEIL GENERAL DE L'HERAULT, 2004. Document collectif : A.C.H., DIREN, METEO-FRANCE. Annales climatologiques et hydrologiques de l'Hérault, 100 p.
- BARBEAU G., MORLAT R., ASSELIN C., JACQUET A., PINARD C., 1998.** Comportement du cépage cabernet franc dans différents terroirs du Val de Loire. Incidence de la précocité sur la composition de la vendange en année climatique normale (exemple de 1988). *J. Int. Sci. Vigne Vin*, **32 (2), 69-81.**
- CARBONNEAU A., RIOU C., GUYON D., RIOM J., SCHNEIDER C., 1992.** Agrométéorologie de la vigne en France. *Office des Publications Officielles des Communautés européennes, ed.*, 165 p.
- CAREY V., BONNARDOT V., 2004.** A viticultural perspective of meso-scale atmospheric modelling in the Bottelaryberg-Simonsberg-Helderberg wine growing area (South Africa). *Bull. OIV*, **77 (875-876)**, 20-46.
- DELOIRE A., LOPEZ F., CARBONNEAU A., 2002.** Réponses de la vigne et terroirs. Eléments pour une méthode d'étude. *Le Progrès Agricole et Viticole*, **4**, 78-86.
- HUGLIN P., 1978.** Nouveau mode d'évaluation des possibilités héliothermiques d'un milieu viticole. *C. R. Acad. Agr. France*, 1117-1126.
- HUGLIN P., SCHNEIDER Ch., 1998.** Biologie et écologie de la vigne. *Ed. Lavoisier Tec et Doc*, Paris, 370 p.
- LORENZ D.H., EICHHORN K.W., BLEIHOLDER H., KLOSE R., MEIER U. WEBER E., 1995.** Phenological growth stages of the grapevine (*Vitis vinifera* L. ssp. *vinifera*) – Codes and descriptions according to the extended BBCH scale. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, **1**, 100-110.
- RIOU C., 1998.** Facteurs explicatifs des critères de qualité de la récolte. Application au réseau modèles qualité en viticulture. *Le Progrès Agricole et Viticole*, **115**, (11), 247-252.
- TONIETTO J., CARBONNEAU A., 2004.** A multicriteria climatic classification system for grape-growing regions worldwide. *Agricultural and Forest Meteorology*, **124**, 81-97.
- VAUDOUR E., 2003.** Les terroirs viticoles. Définitions, caractérisation, protection. Editions *Dunod*, Paris, 293 p.
- WINKLER A.J., COOK J.A., KLEWER W.M., LIDER L.A., 1974.** General Viticulture, 2nd ed. *University of California Press*, California, 710 p.

FIGURES

⇒ FIGURE 1

Localisation des stations agroclimatiques sur le département de l'Hérault. Ces stations sont gérées par l'Association Climatologique de l'Hérault (A.C.H.).

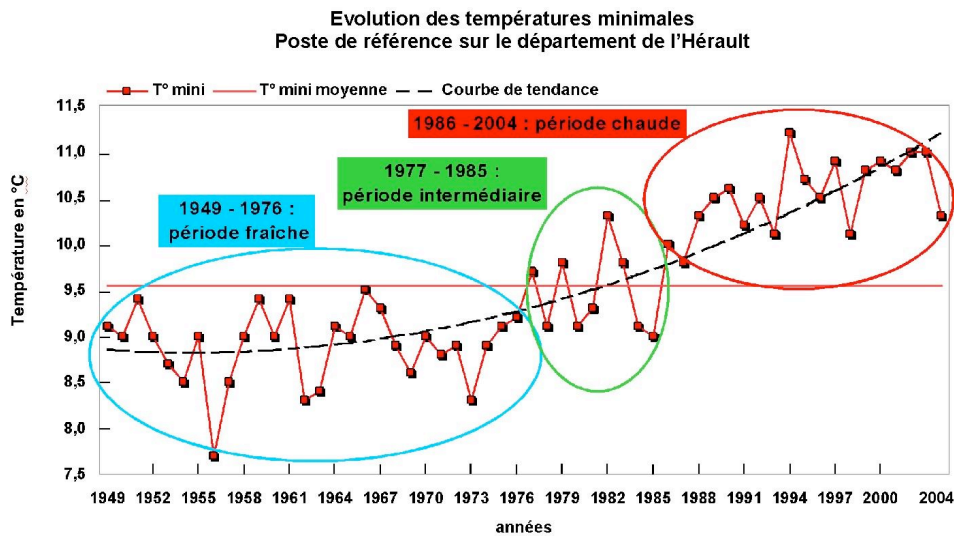
Location of the agro-climate meteorological stations in the department of the Hérault managed by the Meteorological Association of the Hérault (ACH).



⇒ FIGURE 2

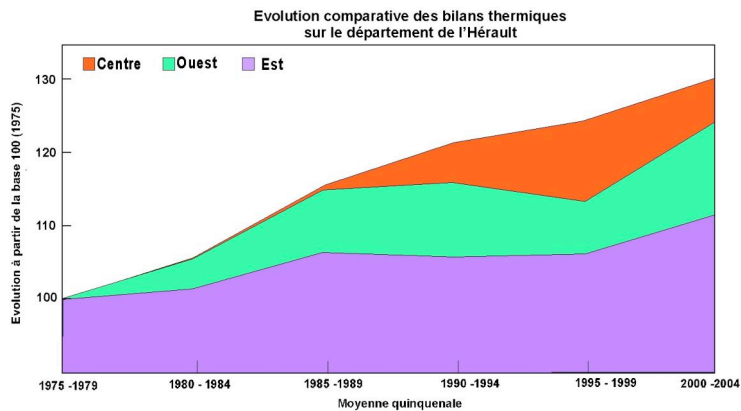
Évolution des températures annuelles minimales de 1949 à 2004. La figure montre une augmentation des températures minimales depuis 1986, date à partir de laquelle toutes les valeurs sont supérieures à la moyenne mobile réajustée chaque année.

Evolution of annual minimum temperatures from 1949 to 2004. This figure shows that minimum temperatures have been increasing from 1986 after which no values are lower than the variable annually adjusted mean value.



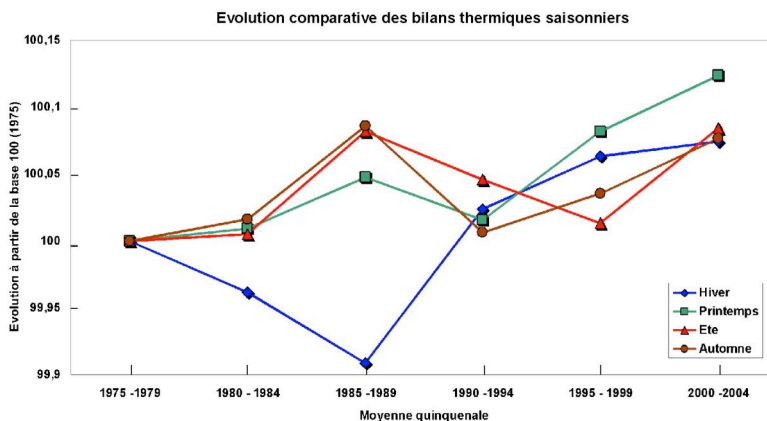
⇒ **FIGURE 3**

Évolution des bilans thermiques du 20 mars au 30 septembre sur 3 postes de référence du département de l'Hérault de 1970 à 2004. Ce graphique montre que le réchauffement est global sur le département avec néanmoins des nuances spatiales.
 Temperature variations from 20th March to 30th September measured by three reference meteorological stations in the Hérault department from 1970 to 2004. This figure shows that there is generalised warming in the department, with minor variations in certain areas.



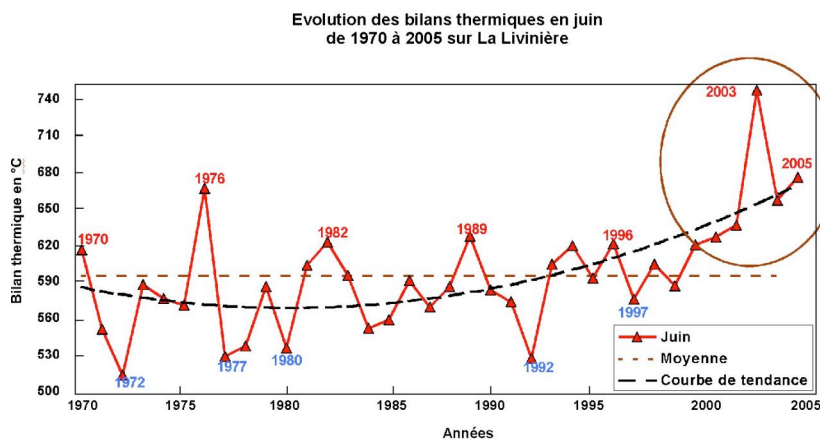
⇒ **FIGURE 4**

Évolution des bilans thermiques du 20 mars au 30 septembre sur 1 poste de référence du département de l'Hérault de 1975 à 2004. Cette figure démontre que le réchauffement climatique est le plus important au printemps.
 Temperature variations from 20th March to 30th September from measured by a single reference meteorological station in the Hérault department between 1975 to 2004. This figure shows that warming is most pronounced in the Spring.



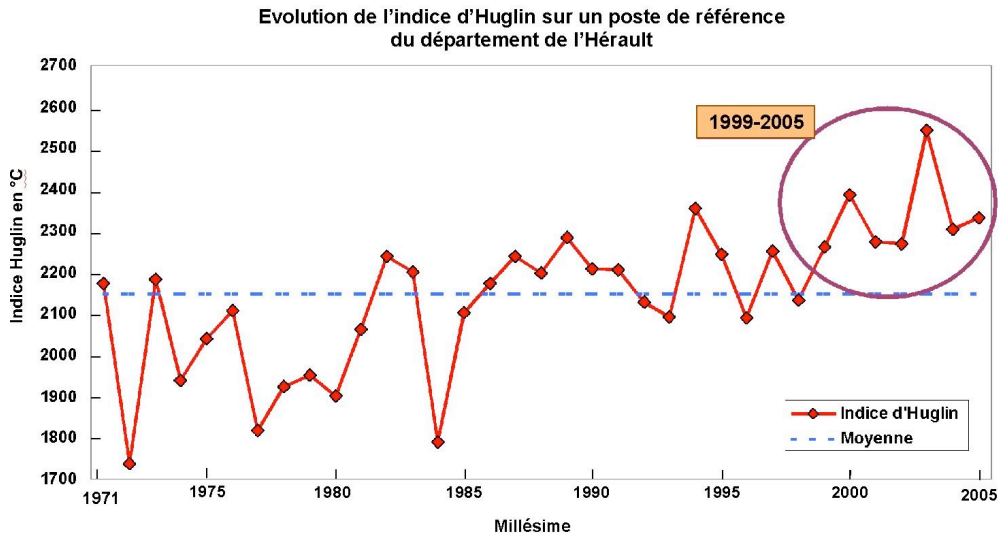
⇒ **FIGURE 5**

Évolution des bilans thermiques en juin sur 1 poste de référence du département de l'Hérault de 1970 à 2005. Cette figure montre que, depuis 2000, les bilans thermiques en juin sont de plus en plus élevés.
 Temperature variations in June measured by a single meteorological reference station in the Hérault department between 1975 and 2005. This figure shows that there is a gradual increase in average June temperatures.



⇒ **FIGURE 6**

Évolution de l'indice de Huglin sur 1 poste de référence du département de l'Hérault de 1971 à 2005. Cette figure montre que, depuis 1999, l'Indice de Huglin sur l'ensemble du cycle végétatif de la vigne (avril-septembre) est toujours au-dessus de la moyenne.
 Variations in the Huglin index from 1971 to 2005 measured by a single reference meteorological station in the Hérault department. This figure shows that since 1999, the Huglin index over the vegetative cycle of the vine (April to September) is always above the average.



⇒ **FIGURE 7**

Corrélation entre les températures minimales de l'air et du sol à 50 cm de profondeur. Il s'agit d'un sol de colluvions (données moyennes sur 10 ans, de 1996 à 2005). Ce graphique démontre que la température des sols à 50 cm de profondeur est très fortement corrélée à la température minimale de l'air.

Correlation between minimum air and soil temperatures at a depth of 50 cm. Measurements were performed on colluvium soils (mean values over 10 years, from 1996 to 2005). This figure shows that the soil temperature at this depth correlates with minimum air temperatures.

