

# Variabilité spatiale du gel printanier dans le vignoble champenois : application au zonage climatique

Thèse soutenue par Igor Sarmir en novembre 1995 pour l'obtention du diplôme de doctorat en géographie physique de l'Université Denis Diderot - Paris VII et réalisée avec la collaboration et le soutien financier du Comité Interprofessionnel du Vin de Champagne 5, rue Henri Martin 51200 Epernay.

I. SARMIR<sup>1</sup>, F. LANGELLIER<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Université Paris VII

<sup>2</sup> Comité Interprofessionnel des Vins de Champagne  
5, rue Henri Martin, BP 135, 51204 Epernay cedex

Dans le vignoble de Champagne, les gelées de printemps sont à l'origine de variations importantes du volume de récolte qui sont très pénalisantes pour le commerce. Cette variabilité se traduit à la fois dans le temps (années sans gelée alternant avec des années avec de fortes gelées) et dans l'espace. Certains secteurs du vignoble sont en effet statistiquement plus gélifs que d'autres, mais, chaque année, aucune commune ne peut se considérer à l'abri de cet accident climatique. L'objectif de l'étude est précisément d'analyser la répartition spatiale du gel et d'en déterminer les principaux mécanismes, liés à la topographie des coteaux, leur orientation mais aussi aux variables météorologiques régionales.

## 1- CADRE GEOGRAPHIQUE DE L'ETUDE

Le vignoble champenois représente 30 000 ha de vignes en production (1995) répartis sur 3 départements pour l'essentiel : 20 900 ha dans la Marne, 6400 ha dans l'Aube (vignoble de la Côte des Bars) et 2 700 ha dans l'Aisne. Il s'étend entre 48° et 49°5 de latitude Nord, sur 150 km du Nord au Sud et 130 km d'Est en Ouest.

Il est implanté sur le revers de la cuesta d'Ile de France, les versants de la vallée de la Marne et de ses vallées adjacentes (départements de la Marne et de l'Aisne) et sur la cuesta du Barrois, au sud, creusée des vallées de la Seine, de l'Aube et de ses affluents, vallées encaissées et plus étroites que dans le Nord du vignoble.

## 2-ETUDES REGIONALES

### 21-Etudes régionales à partir de séries thermiques

#### 211-Etudes régionales réalisées à partir de longues séries thermiques manuelles

Les données sont des températures journalières minimales à 2 m sous abri et à 10 cm -indice actinothermique- prises sur des périodes de 25 à 30 ans provenant de 7 sites viticoles et d'une station de référence Météo France à Reims qui fournit les informations sur la situation générale.

La comparaison du comportement thermique de 4 stations situées sur des coteaux d'orientation opposées : Nord / Sud et Sud-Est / Nord-Ouest montre qu'en situations de gelées par ciel dégagé, les stations au vent sont très majoritairement les plus froides et celles sous le vent, les plus chaudes (voir tableau ci-dessous et fig. 1).

L'analyse en composantes principales, sur 18 années, des indices actinothermiques minima journaliers au printemps, soit 646 observations par nuits dégagées de Nord et pour 7 stations de la Marne, confirme ce résultat.

Cette analyse montre qu'il existe une opposition entre des stations orientées au Nord et à l'Est qui gèlent davantage par vent de Nord et des stations orientées à l'Ouest et au Sud, qui gèlent plutôt par vent de Sud.

Direction du vent à 10 m (Reims)	Nombre de situations	Station de Bouzy (S) la plus froide	Station de Mailly (N) la plus froide	Station de Avize (E) la plus froide	Station de Chambrecy (NW) la plus froide
N	150	6%	94%		
S	50	92%	8%		
SE	61			92%	8%
NW	98			15%	85%

La prise en compte des sites de la Côte des Bars dans une A.C.P. sur les températures minimales au printemps de 1976 à 1990, soit 454 observations de nuits dégagées, met en évidence une nette différence de comportement de ces derniers par rapport à ceux de la Marne. Il gèle dans ce secteur plutôt par vent très faible et dans le reste du vignoble par vent modéré (fig. 2).

### 212-Etudes régionales réalisées à partir de séries courtes provenant de stations automatiques.

L'analyse du comportement thermique de stations d'orientations différentes comme Mailly (N), Bouzy (S), Avize (E), au cours d'une trentaine de situations de ciel clair aux printemps 1993 et 1994, confirme l'incidence de la direction du vent synoptique sur la répartition géographique des températures (Voir tableau ci-dessous).

Direction du vent à Reims	Nombre de situations	Station de Bouzy (S) la plus froide	Station d'Avize (E) la plus froide	Station de Mailly (N) la plus froide
Sud	10	70 % nuits	(30 % nuits)	
Nord	8	(30 % nuits)		70 % nuits
Est	7		100 % nuits	

La variabilité des écarts thermiques mesurés suivant les situations peuvent trouver leur origine dans l'incidence de la force du vent.

L'analyse en composantes principales sur les indices actinothermiques minima de 22 stations sur 55 nuits dégagées d'automne 1993 et du printemps 1994 montre, comme pour les séries longues, un clivage évident entre la Côte des Bars et le reste du vignoble (Marne et Aisne). Cette analyse permet de discerner un comportement différent entre des sites d'orientations Nord et Sud.

Cette différence de comportement est, ici, liée à la force du vent. Par vent faible à très faible (0 à 2 m/s à 10 m), les stations de la Côte des Bars sont les plus froides. Par vent modéré (3 à 5 m/s à 10 m), les stations de la Marne et de l'Aisne sont les plus froides.

Force du vent	Direction du vent	
	Ouest	Est
Vent faible (0-2 m/s à 10 m)	Côte des Bars	
Vent modéré (3-5 m/s à 10 m)		Marne / Aisne

Une même analyse est réalisée sur les indices minima journaliers pour 60 sites, dont 22 automatiques et 38 manuels et portant sur 19 nuits dégagées du printemps 1994.

Il en ressort une confirmation éclatante de l'opposition Côte des Bars (10) / Marne-Aisne (51-02) liée à la force du vent régional (fig. 3).

-Nuits bien représentées sur l'axe 2 de l'A.C.P.-

Dates	Vitesse du vent à 10 m à Reims m/s	Vitesse du vent à 10 m à Troyes m/s	Minima moyens dans la Marne (°C)	Minima moyens dans l'Aube (°C)	Ecart moyens Marne - Aube (°C)
1 <sup>er</sup> mai	4.5	3.5	2.2	3	-0.8
05 mai	4	4.5	6.4	7	-0.6
17 mars	8	8	4.3	4	-0.5
<b>Côté +ACP (axe 2)</b>	<b>4.3</b>	<b>3.8</b>			
27 mars	1.5	0.5	-2.1	-3.5	+1.4
15 avril	2	1	-2.4	-3.3	+0.9
07 mai	2	1	8.5	6	+2.5
<b>Côté +ACP (axe 2)</b>	<b>1.5</b>	<b>1.3</b>			

## 22-Etudes régionales à partir d'enquêtes

Des enquêtes réalisées annuellement sur chaque commune du vignoble nous renseignent sur la présence ou non de gelées de printemps et, dans l'affirmative, sur la (les) date (s) correspondante (s).

Il s'agit d'une information qualitative globale, prise au niveau de la commune. Elle intègre la notion de dégât qui crée un biais car de nombreux facteurs cultureux ou agronomiques peuvent interférer. De plus l'information reste parfois subjective et limitée à la précision communale.

Une analyse factorielle des correspondances est réalisée sur les questionnaires de 88 communes et 16 situations de gel aux printemps 1989 et 1990.

Cette analyse décrit plusieurs clivages au niveau du vignoble en fonction de la direction du vent et de sa force.

Tout d'abord, on constate un clivage net entre les sites du nord du vignoble et du sud. Ce secteur gèle davantage par vent d'ouest et le Nord par vent d'est.

Cette analyse montre aussi un clivage entre les sites d'adret et d'ubac dans la Marne : les adrets gèlent plutôt par vent de Sud et les ubacs par vent de Nord.

Une analyse empirique détaillée de 14 situations de gel de 1965 à 1990 montre qu'on peut classer ces situations en 3 classes - non exhaustives comme le montre le tableau ci-dessous.

			Présence de dégâts de gel (❄) ou non (-) par secteur géographique		
Cas de figure	Direction du vent régional à 10 m	Force du vent régional à 10 m	Ubacs de la Marne : Nord Mtagne Reims Rive dte vallée Marne	Adrets de la Marne : Rive gche vallée Marne	Côte des Bars (Aube)
1	-	<1 m / s	❄	❄	❄
2	S-SW	2-3 m/s	-	❄	❄
3	N-NE	2 m/s	❄	-	-

L'interprétation de ces résultats doit néanmoins se faire avec prudence car la notion de gel dans les enquêtes est une notion avant tout agronomique, à savoir le résultat de la coïncidence de deux événements : un végétal sensible et des conditions climatiques gélives.

### 3-ETUDES TOPOCLIMATIQUES LOCALES

#### 31-Profiles thermiques de 1992 à 1994 sur les 2 versants de la vallée de la Marne entre Reuil et Oeuilly

Les mesures d'indices actinothermiques minima sont réalisées sur 9 points du coteau de Reuil (adret) de 100 à 210 m d'altitude et 7 points sur le coteau d'Oeuilly (ubac) de 80 à 150 m d'altitude. Ceci correspond à 24 situations.

Les relevés sont effectués après chaque nuit de ciel clair, en automne, hiver et printemps suivant l'hypothèse que les interactions relief-gelée sont les mêmes quelle que soit la saison. Cet indice actinothermique est mesuré à 50 cm du sol, hauteur moyenne des bourgeons de la vigne. Ces mesures thermiques sont confrontées, pour chaque situation, avec les données de situation générale (synoptique) fournies par Météo France.

Ces profils thermiques ont mis en évidence deux phénomènes :

- **Les ubacs sont toujours plus froids que les adrets.** Ceci provient, dans un premier temps, du réchauffement plus important de l'adret au cours de la journée, phénomène bien connu. Dans un second temps, on considère que le relief encaissé de la vallée, à l'endroit des mesures, canalise fortement le vent régional qui, de ce fait, a tendance à souffler dans le même sens que celle-ci. Ceci a pour conséquence une action du vent à peu près comparable sur les deux versants de la vallée et ainsi, l'annulation d'écart thermique éventuellement liés à ce vent (fig.4).

- On observe un effet "tempérant" lié au relief encaissé de la vallée. Comparé à un site de plaine, le site de vallée se montre toujours moins froid, l'écart thermique étant important par vent parallèle à la vallée et très atténué par vent perpendiculaire à celle-ci. (fig.5).

#### 32- Mesures climatiques itinérantes à Avize, Bouzy et Verzenay d'avril 1992 à mars 1993

En 1992 et 1993 sont réalisées respectivement 17 et 18 opérations de mesures climatiques nocturnes. Il s'agit d'observer les températures de surface du sol et des bourgeons -infrarouge thermique-, la température, l'humidité de l'air à 2 m et la vitesse du vent à 2 m sur 10 points fixes répartis régulièrement le long des 3 coteaux d' Avize (Est), Bouzy (Sud) et Verzenay (Nord). Les points de mesures sont espacés de 10 m les uns des autres, correspondant à une fourchette d'altitude allant de 100 m à 200 m environ. Ces mesures sont effectuées de 4h à 7h30 du matin.

L'analyse des résultats sur les 9 opérations, confrontés aux données du vent à Reims pour les nuits correspondantes permet de dresser le bilan suivant :

Date	Direction du vent à 10m (Reims)	Force du vent à 10 m (Reims)	T° sol mini Verzenay (N)		T° sol mini Bouzy (S)		T° sol mini Avize (E)	
			100m /	200m	100m /	200m	100m /	200m
13-03-93	E	1			-3.9	+0.1	-4.3	-0.9
09-04-92	ENE	1	-3.8	-0.7	-0.2	+1	-2.3	+0.1
21-04-92	ESE	2	-0.8	+2.1	+0.8	+2.5		
20-03-93	N	1	-3.3	-0.9	-3.4	+0.2		
10-04-92	NNE	1	-1.5	+1.5	+1.5	+2.7	-1.3	+0.9
21-03-93	S	1	+4.5	+7	+2.7	+4.9		
14-03-93	S	4			-3.3	-0.5	-3.9	0
30-04-92	SSW	2	+3	3.4	-1.2	+1.6		
27-03-93	WNW	1	-4.6	-3.7	-5.7	-2.9		

Date	Direction du vent à 10m (Reims)	Force du vent à 10 m (Reims)	T° bgeons Verzenay (N)		T° bgeons Bouzy (S)		T° bgeons Avize (E)	
			100m / 200m	100m / 200m	100m / 200m	100m / 200m	100m / 200m	100m / 200m
13-03-93	E	1			-3.8	+1.2	-4.5	+1.2
09-04-92	ENE	1	-0.5	+0.5	+2.0	+1.0	+0.1	+1.2
21-04-92	ESE	2	-0.4	+3.6	+3.4	+5.2		
20-03-93	N	1	-3.3	-0.9	-3.1	+2.1		
10-04-92	NNE	1	+0.3	+2.3	+4.2	+5.3	+0.3	+2.3
21-03-93	S	1	+4.6	+9.8	+2.7	+7.1		
14-03-93	S	4			-3.2	+1.2	-3.3	+2.1
30-04-92	SSW	2	+3.5	+3.6	-1.1	+2.3		
27-03-93	WNW	1	-4.1	-1.9	-4.4	-2.0		

Date	Direction du vent à 10m (Reims)	Force du vent à 10 m (Reims)	T°air 2m Verzenay (N)		T°air 2m Bouzy (S)		T°air 2m Avize (E)	
			100m / 200m	100m / 200m	100m / 200m	100m / 200m	100m / 200m	100m / 200m
13-03-93	E	1			+0.3	+4.3	-1.8	+3.4
09-04-92	ENE	1						
21-04-92	ESE	2	+5.2	+5.5	+3.4	+5.2		
20-03-93	N	1	-1.1	+5.2	+0.3	+6.5		
10-04-92	NNE	1						
21-03-93	S	1	+5.9	+11.6	+5.0	+9.2		
14-03-93	S	4			-3.2	+1.2	-0.4	+4.8
30-04-92	SSW	2	+7.1	+8.9	-1.1	+2.3		
27-03-93	WNW	1	-1.2	0.2	-1.1	-0.2		

Les pentes opposées au vent, lors d'une nuit de gel, sont globalement les plus froides.

La température de l'air obéit le mieux à cette loi, comparée à celle du bourgeon ou de la surface du sol.

Le tracé de courbes isothermes à 0.5 m, 2 m du sol d'un coteau au vent montre une remontée des couches d'air froid vers les altitudes supérieures par rapport au coteau sous le vent lors d'une même nuit. Le glissement des isothermes le long du coteau est plus sensible en milieu de coteau qu'en bas (fig. 6).

Ceci peut s'interpréter comme un blocage des brises catabatiques et un maintien de l'air froid vers le haut du coteau. Il s'ensuit un refroidissement général de ce dernier.

#### 4-CONCLUSION

La prise en compte d'une grande panoplie d'outils d'investigations tels que des enquêtes de terrain, des bulletins météo synoptiques, des données climatiques sur de longues séries et peu de sites, ou de petites séries mais sur de nombreux sites, des relevés thermométriques de versants, des mesures climatiques multiples sur plusieurs coteaux au cours de différentes nuits constitue une grande originalité du travail effectué.

Le premier intérêt de l'étude vient du fait que ces outils ont débouché sur la mise en évidence claire de différents mécanismes gouvernant la répartition spatiale du gel dans vignoble.

Le second intérêt vient du fait qu'il n'est pas apparu de contradiction entre les conclusions liées aux différents outils utilisés. Au contraire, on a eu dans chacun des cas, soit une confirmation d'un mécanisme déjà observé, soit la mise en évidence d'un autre mécanisme.

Ces mécanismes, validés par la diversité des techniques d'investigation utilisées, peuvent se résumer ainsi

La distribution géographique du gel par nuit claire résulte en Champagne d'une interaction entre le vent régional ou synoptique et le relief.

Le vent régional agit par sa force : faible (0-2 m/s à 10m), il favorise les gelées dans le Sud du vignoble où les vallées sont relativement encaissées. Modéré (3-5 m/s), il favorise celles-ci dans le Nord du vignoble, là où les vallées sont plus larges et dominant souvent une plaine.

Le vent régional agit en fonction de sa direction : un vent de Sud ou Sud Ouest favorise les gelées dans les secteurs où les coteaux sont orientés au Sud ou Sud-Ouest (Côte des Bars, rive droite de la vallée de la Marne). Un vent de Nord ou Nord-Est favorise les gelées sur les coteaux viticoles orientés au Nord ou à l'Est (ubacs) : rive gauche de la vallée de la Marne et face Nord de la Montagne de Reims principalement.

Des vallées encaissées comme la vallée de la Marne, ou les vallées de la Côte des Bars modifient localement le régime du vent : il y a canalisation et accélération du vent régional.

Un vent soufflant dans le sens de la vallée diminue le risque de gel. S'il souffle perpendiculairement, son action sur les deux versants est atténuée par rapport à celle qu'il aurait sur un coteau dominant une plaine : le refroidissement est moins intense pour le versant au vent, et le réchauffement moins marqué pour celui sous le vent.

Globalement, le point le plus froid d'une vallée est toujours moins froid qu'un site de plaine car le vent régional est accéléré par le relief.

Une vallée comme celle de la Marne présente un risque de gel moindre sur les adrets car ceux-ci se réchauffent mieux que les ubacs dans la journée et sont soumis à un régime de vent très proche la nuit comme le jour en raison de l'effet "canalisant" du relief.

L'influence directe du vent opposé à un coteau ouvert, au cours d'une nuit de gel, se matérialise par une remontée des couches d'air froid vers le haut de celui-ci. Cet effet de glissement des isothermes est très important sur le milieu du coteau, beaucoup moins vers le bas. Cela se traduit par un refroidissement général du coteau.

## REFERENCES

- BELTRANDO G., LECOMPTE M., SARMIR I., avril 1993. Le gel dans le vignoble champenois, *Le Vigneron Champenois*, pp. 27 à 36
- MISRAHI P., LECOMPTE M., RONCHAIL J., 1990. Essai d'interprétation aérologique du gel en Champagne: utilisation de l'analyse canonique des correspondances. *Publication de l'Association internationale de Climatologie*, vol 3 pp. 353-362
- PANIGAI L., LANGELLIER F., avril 1992. Climatologie du vignoble. Mise en place d'un nouveau réseau de stations automatiques, *Le Vigneron Champenois*, pp. 26-41.
- Les gelées de printemps, *Le Vigneron Champenois*, n° hors-série, Novembre 1991
- SARMIR I., LANGELLIER F., mai 1994. La géographie des gelées de printemps dans le vignoble champenois en 1989 et 1990, *Le Vigneron Champenois*, pp 38-51.
- SARMIR I., novembre 1995. *Variabilité spatio-temporelle des températures et des gelées de printemps dans le vignoble champenois*, Thèse de doctorat en géographie physique de l'Université Denis Diderot Paris VII.

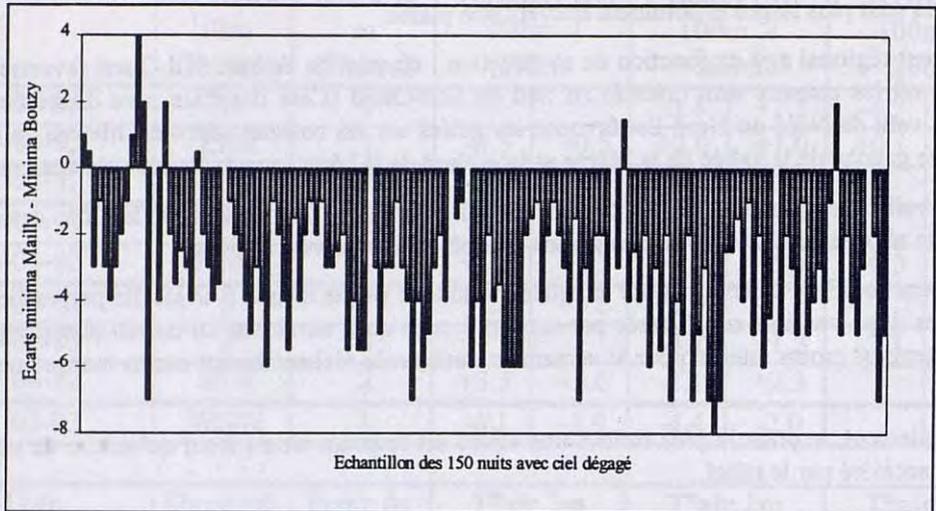


Figure 1.

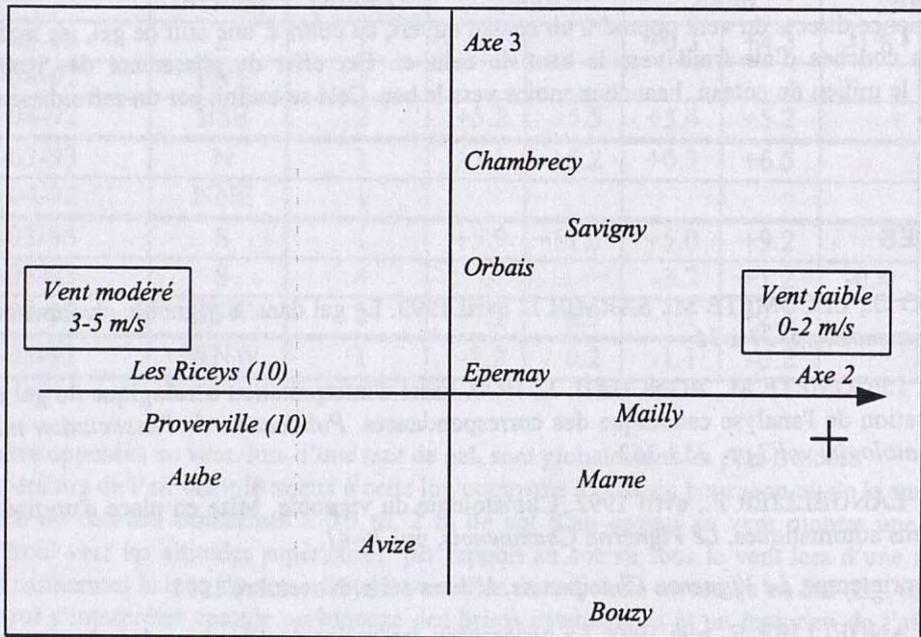


Figure 2.

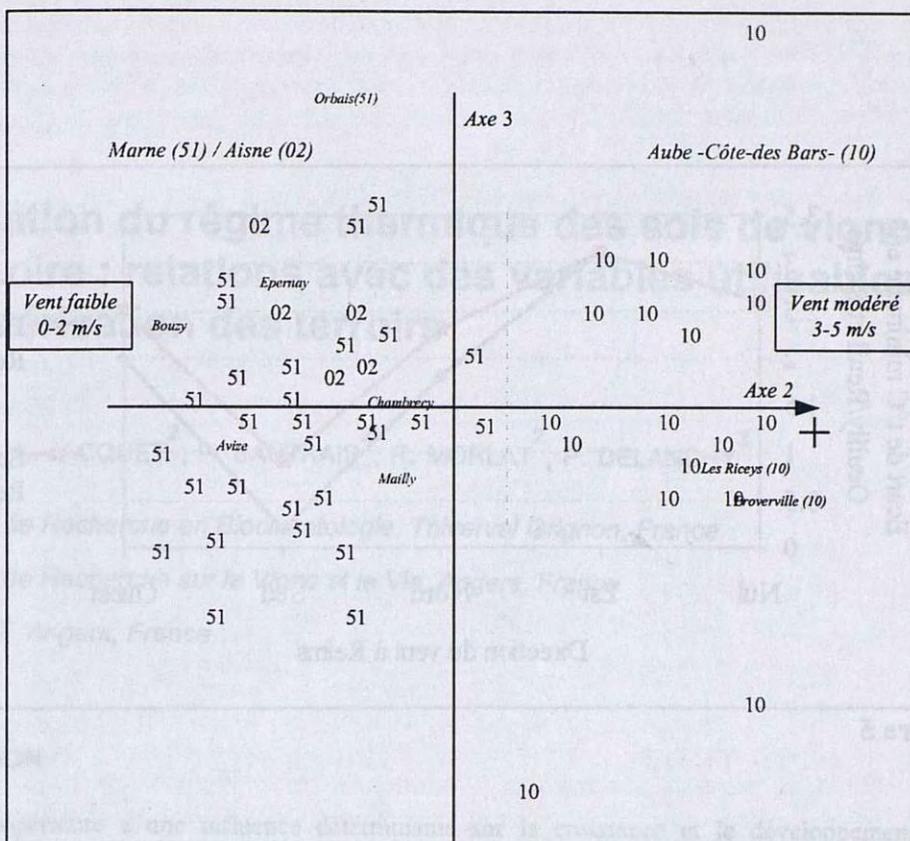


Figure 3.

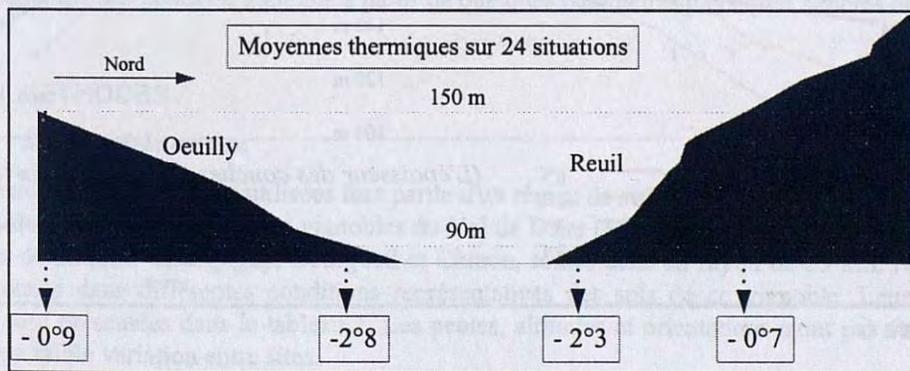


Figure 4.

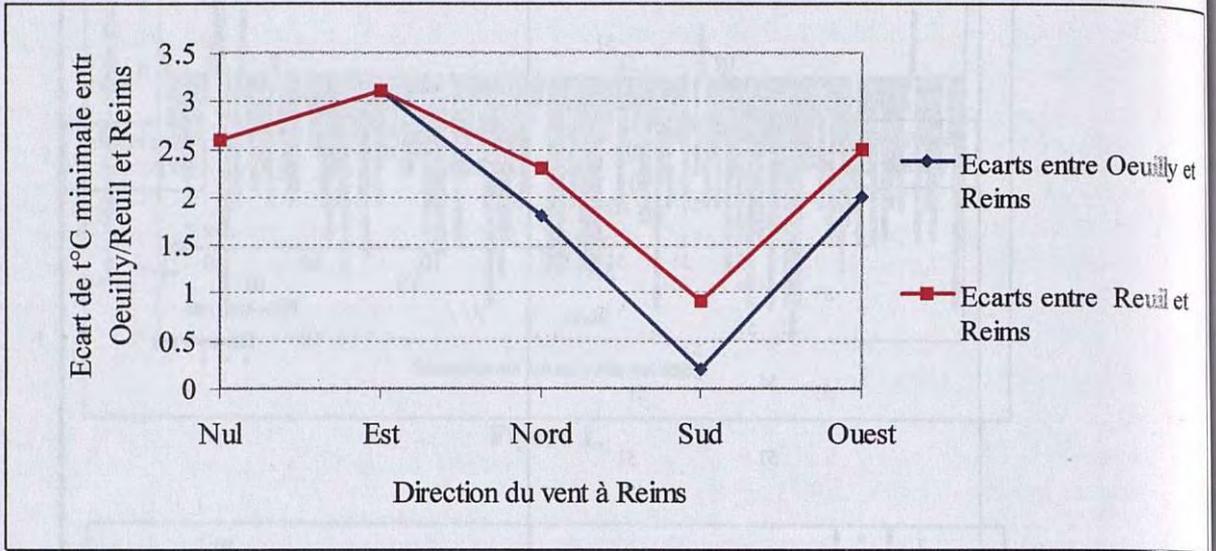


Figure 5

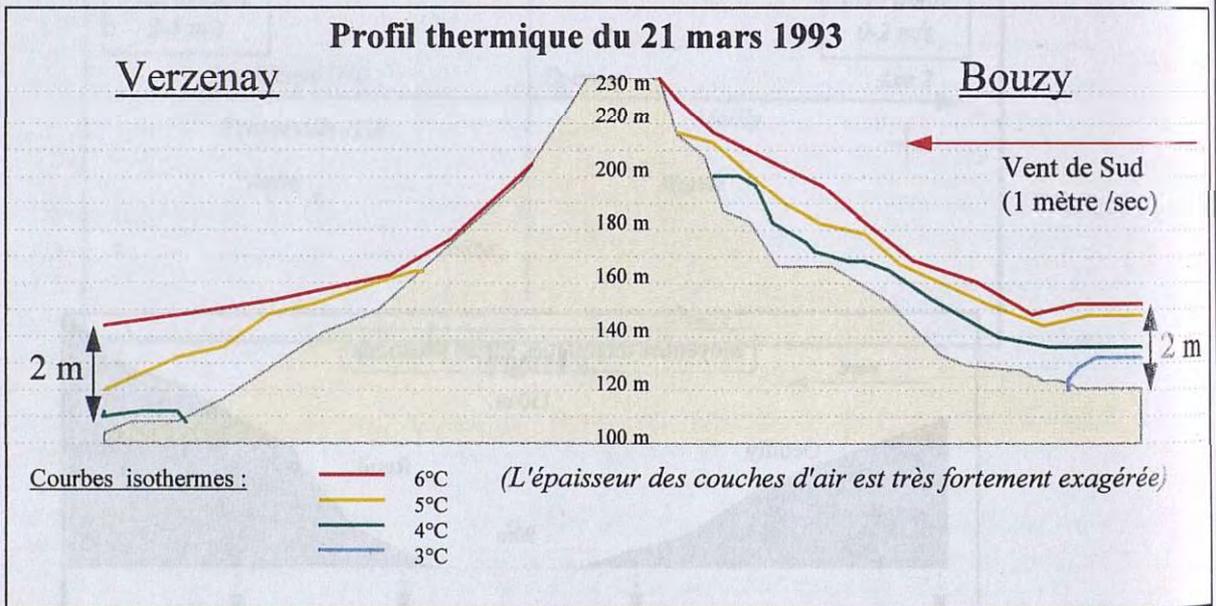


Figure 6