

INFLUENCE DE LA TOPOGRAPHIE ET DU SUBSTRAT SUR LES ÉCARTS THERMIQUES NOCTURNES : RÉGION LIMONEUSE DU MOYEN-ADOUR ET CLAIRIÈRES SABLEUSES DE LA FORÊT DES LANDES (FRANCE)

F. AVILA

20 rue Jacques Prévert, 40800 Aire-sur-l' Adour, France
fernand.avila@libertysurf.fr

Résumé

La nuit, lorsque le ciel est clair, en l'absence de vent, le champ thermique devient très complexe car le niveau des températures est directement influencé par la topographie, le substrat et les conditions édaphiques. Les minima nocturnes et les gelées permettent d'étudier les climats thermiques à échelle fine : celle des climats locaux. La recherche porte sur le sud du bassin aquitain, région composée de trois milieux différents : la forêt de pins des Landes (sol sableux et vastes clairières), la vallée de l'Adour et les collines (sols limoneux). Les inversions thermiques rendent les vallées et les clairières plus froides que les collines et les plateaux. Les moyennes thermiques montrent également l'influence du substrat : les clairières sableuses de la forêt de pins sont très froides, les vallées limoneuses moins froides et les collines nettement plus douces.

Abstract

When night is clear and when there is no wind, the thermal area becomes very complicated, because the level of temperature is utterly influenced by topography, substrat and edaphic conditions. Night minima temperatures and frosts allow small-scale climatological study : local-scale climates. The research concerns the south of the Aquitaine basin, a region which is made of three different surroundings : pine forest of Landes (sandy soils and large clearings), Adour valleys and hills (silt soils). Average temperatures show that the clearings of the pine forest are very cold, silt valleys are less cold and silt hills are very gentle. The thermal inversions make valleys and clearings colder than hills and plateaus.

Mots-clés : Aquitaine, Landes, climats locaux, inversions thermiques, gelées.

Key-words : Aquitaine, Landes, local-scale climates, thermal inversions, frosts.

Introduction

Cet article résume et complète des travaux développés dans une thèse de géographie soutenue par l'auteur à l'université de Pau et des pays de l'Adour en décembre 1999.

La température de l'air est le premier facteur pris en compte en climatologie et biologie, elle varie constamment dans l'espace et dans le temps. Si le temps couvert et agité homogénéise le champ thermique, **c'est la nuit, lorsque le ciel est dégagé et l'atmosphère calme, qu'il présente le plus de complexité et d'intérêt**, car c'est le type de temps "qui fait la différence" (Anglade 1989). Le milieu local joue à plein (Escourrou 1980) : les formes du relief (la topographie), la nature du substrat (texture du sol, potentiel hydrique), le milieu bioédaphique (sol nu, couvert végétal, forêt), la présence de coupe vent (bocage, haie). "La vieille règle demeure les surfaces concaves sont froides et les surface convexes chaudes" (Geiger 1966). Le climat local (ou topoclimat) est donc "une altération du climat régional, due, selon les cas, à l'action passive ou active de la topographie " (Carréga, colloque de l'AIC, 2002). En région de plaine, "l'échelle du topoclimat est de 10 km², en secteur accidenté, elle descend à 1 km²" (Choisnel, 1984). "C'est une échelle fine...où le géoclimatologue peut être compétitif " (Vigneau 1994) : de plus en plus les aménageurs, les agriculteurs, les météorologues, les particuliers ont besoin d'avoir une connaissance fine du climat. De nombreuses études ont été conduites dans les zones de

montagnes (Douguedroit 1980, Carrega 1994), dans les régions de vignobles et d'arboriculture comme la Champagne et la vallée du Rhône (Geslin, 1947 et 1956, Séguin 1975, Cellier 1991).

Aucune étude de ce type n'a été réalisée dans les plaines du bassin aquitain (figure 1) : c'est pourquoi, nous avons mené une recherche portant sur une zone de 100 km de côté environ (figure 2), englobant deux secteurs géographiques que tout oppose : la topographie, les conditions édaphiques, la couverture végétale et la mise en valeur agricole.

- **le cours moyen de l'Adour** qui se compose de vallées alluviales, de collines et bas plateaux, avec des sols à dominante limoneuse. Elle est consacrée aux vignobles (Armagnac, Madiran, Tursan), à la culture intensive du maïs et aux prairies, avec des paysages semi-bocagers localement.

- **la zone sableuse des landes** est topographiquement un bas plateau où les rares cours d'eau ont creusé des vallées encaissées. Elle porte la forêt de pins, plantée au 19^{ème} siècle, percée de vastes clairières consacrées à la culture du maïs et des asperges.

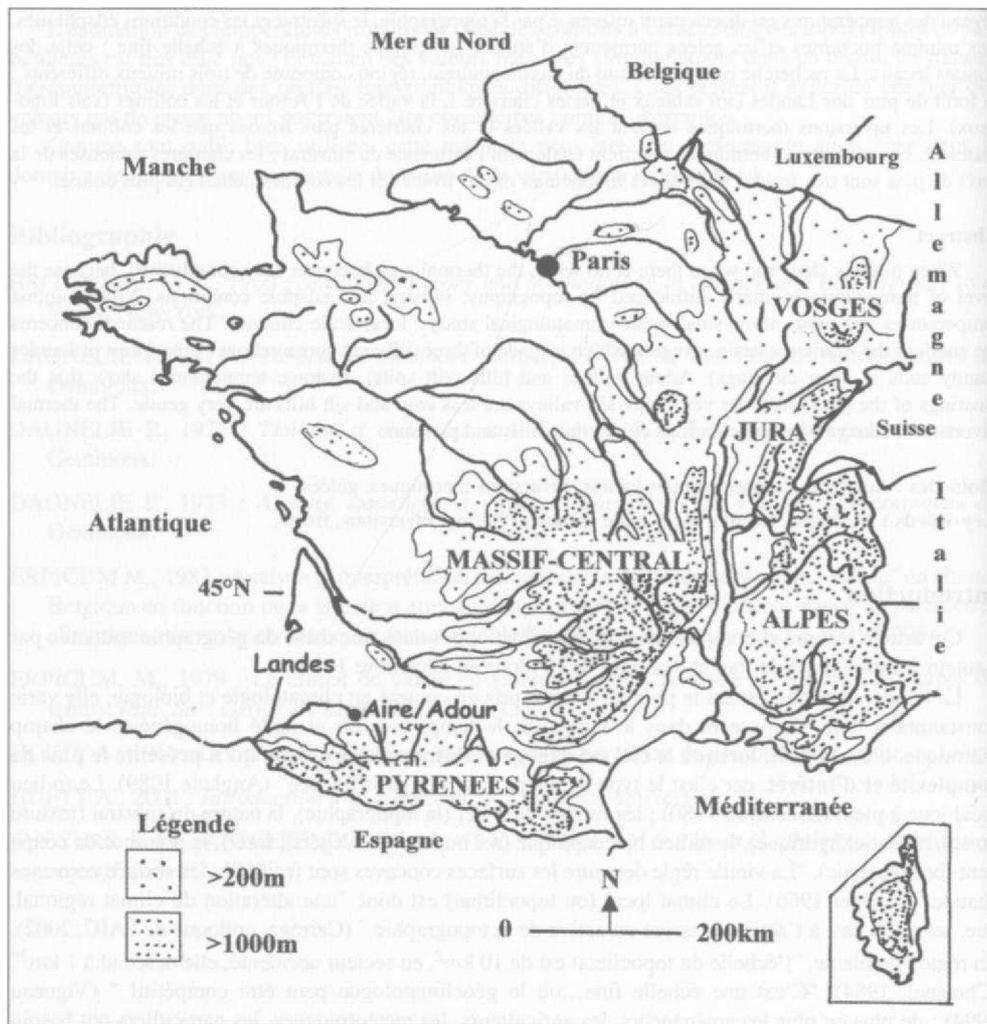


Figure 1 : Carte de localisation des Landes et du moyen-Adour.

1. Les moyennes font apparaître trois domaines thermiques

1.1. Les moyennes (1971-90) : des écarts significatifs

Le paragraphe présente une sélection de postes thermométriques fiables (bénévoles et professionnels) situés dans **trois domaines géographiques** : clairières sableuses de la forêt des landes ("clairières" dans les tableaux), vallées alluviales limoneuses de l'Adour et de ses affluents ("vallées") et les coteaux et plateaux avec sols limoneux ("coteaux"). Le mois d'avril 1980 a été choisi, parce que sec et froid, il montre des écarts très significatifs.

Tableau 1 : Contrastes thermiques entre trois domaines géographiques : clairières sableuses, vallées et coteaux limoneux.

Stations	minima moyens annuels	gelées : moy. annuelles	gelées : avril 1980	minima absolus : avril 1980
Mont-de-Mars. (59m)	7,3°	52	8	-4,2°
Retjons (127m)	7,0°	50	6	-3,2°
Sabres (77m)	6,5°	62	14	-4,0°
Moy. clairières sableuses	6,9°	54	9	-3,8°
Amou (41m)	7,6°	44	5	-1,7°
CNES (79m)	7,8°	41	3	-1,5°
Moy. vallées limoneuses	7,7°	42	4	-1,6°
Maumusson (160m)	8,3°	33	1	-0,8°
Salles d'Arm. (1 32m)	8,5°	32	0	1,0
Moy. coteaux limoneux	8,4°	32	0,5	0,1°

1.2. Les nuits claires : de fortes différences de températures

Les clairières de la zone des sables sont plus froides que les vallées limoneuses tandis que les coteaux constituent le secteur le plus doux. Les moyennes des minima (qui sont presque toujours relevés la nuit) intègrent des nuits claires et froides et des nuits où le ciel couvert interdit le refroidissement nocturne. Pour mettre mieux en évidence les contrastes thermiques, nous avons repéré durant l'année 1995 les nuits claires ou ayant comporté des éclaircies suffisamment longues pour créer des inversions thermiques : 159 nuits ont été retenues, les moyennes ont été calculées par saisons météorologiques. Le tableau 2 ci-après inclut aussi des stations récemment créées, tandis que le poste du CNES disparaît.

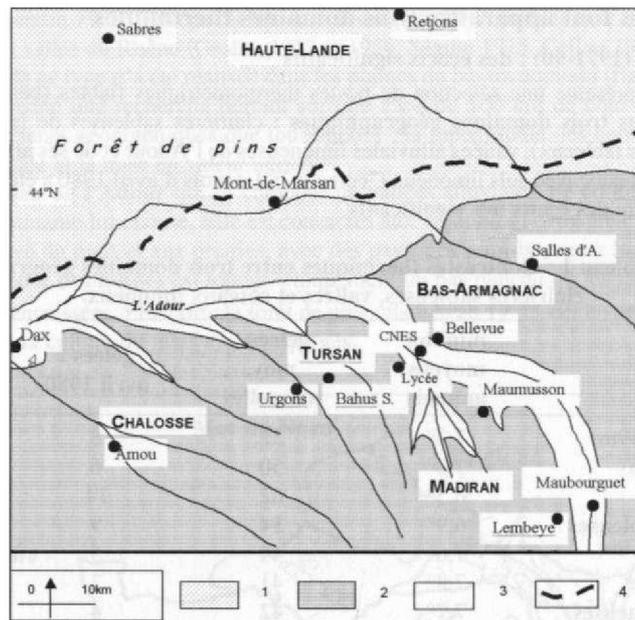


Figure 2 : Bloc-diagramme des postes thermométriques d'Aire-sur-l'Adour.

Tableau 2 : Moyenne des minimales des 159 nuits claires en 1995.

Stations	hiver	printemps	été	automne	année
Bellevue (84m)	- 1,7°	3,8°	11,9°	5,1°	4,8°
Amou (48m)	- 1,5°	4,6°	12,6°	5,9°	5,4°
Grenade (72m)	- 1,2°	4,9°	12,8°	5,9°	5,6°
Moy. vallées limoneuses	1,5°	4,4°	12,4°	5,6°	5,3°
Lycée (150m)	-0,2°	5,9°	13,8°	6,5°	6,5°
Maumusson (160m)	0,5°	6,4°	14,3°	6,9°	7,0°
Salles d'Armagnac (132m)	0,3°	6,3°	13,8°	7,2°	6,9°
Moy. coteaux limoneux	0,2°	6,2°	14,0°	6,9°	6,7°
Mont-de-Mars. (59m)	- 1,9°	3,9°	12,6°	5,5°	5,0°
Retjons (127m)	- 1,7°	2,8°	10,9°	5,0°	4,3°
Sabres (77m)	-2,1°	3,0°	11,3°	5,3°	4,3°
Moy. clairières sableuses	- 1,9°	3,2°	11,6°	5,3°	4,5°
écart vallées-clairières	0,4°	1,2°	0,8°	0,3°	0,8°
écart vallées-coteaux	1,3°	1,8°	1,6°	1,3°	1,4°
écart clairières coteaux	2,1°	3,0°	2,4°	1,6°	2,2°

Le nombre de nuits claires varie d'une saison à l'autre en fonction des types de temps : 31 nuits pour l'hiver (janvier, février et décembre), 40 nuits au printemps (mars, avril et mai), 47 nuits durant l'été (juin, juillet et août) et 41 nuits pendant l'automne (septembre, octobre et novembre).

L'écart thermique moyen entre les vallées limoneuses et les clairières sableuses est modéré (0,8°), avec un maximum au printemps, car en 1995 celui-ci a été particulièrement sec, ce qui a amplifié les différences. Par contre l'écart thermique moyen entre les clairières sableuses et les coteaux est très

important (2,2°), il atteint même 2,7° entre Maumusson situé sur un coteau et Sabres dans une clairière de la Haute Lande. Comment cela s'explique-t-il ?

1.3. Le rôle du substrat et de la forêt de pins des Landes (figure 3)

1.3.1. *Les sols poreux à texture grossière comme le sable*, renferment beaucoup d'air et sont de mauvais conducteurs de la chaleur : durant le jour le sol se réchauffe sur une faible épaisseur et il se refroidit d'autant plus vite la nuit.

1.3.2. *La forêt de pins induit un fort ralentissement du vent* dans les clairières, favorisant la mise en place d'une forte inversion thermique. Pendant l'opération HAPEX-MOBILHY le 19 juin 1986, un mat instrumenté, implanté dans une clairière à Estampon, a enregistré un minimum de 13° à 25 mètres (5 m au-dessus de la cime des pins), alors que les minima sous abri à 1,50m du sol dans les clairières de la forêt, étaient de 7,8° à 8,3°, l'inversion thermique était de 5,0° environ pour 25 m (Champeaux, 1990). Dans les clairières, il peut geler sous abri dès septembre et jusqu'à la mi-mai (en moyenne une année sur trois à Mont-de-Marsan). Le houppier des pins crée une sorte d'effet de serre, les minima sont moins bas que dans les clairières : une campagne de relevés, en 1993-94 (Avila, 1999), dans une clairière près de Sore (Landes) et dans la forêt de pins a fourni un écart thermique moyen de 0,5° à l'avantage du sous bois.

1.3.3. *Les sols compactés à texture fine comme les limons* absorbent la chaleur du jour sur une plus grande épaisseur, chaleur restituée la nuit, ce qui limite le refroidissement du sol et de la couche atmosphérique au contact de celui-ci : il fait moins froid la nuit et moins chaud le jour que dans les clairières sableuses.

1.4. Influence de la topographie créatrice d'inversions thermiques

Les écarts thermiques moyens entre les vallées et les coteaux sont importants (1,4°), et maximum au printemps : c'est la conséquence des inversions thermiques. Durant la nuit, lorsque le ciel est clair, le sol se refroidit par rayonnement, l'air froid plus dense ne peut stationner sur les surfaces convexes (coteaux, pentes) il s'écoule par gravité, par saccades, vers les surfaces concaves (dépressions et vallées) où il forme une nappe de plus en plus épaisse, qui peut se déplacer au gré du vent, voir même remonter les pentes. Fréquemment en saison froide, les collines émergent dans une couche d'air plus doux, au-dessus des vallées envahies par le brouillard ou la gelée blanche.

2. Les topoclimats thermiques nocturnes de la région aturine

2.1. Le cadre géographique et les postes thermométriques

La vallée du cours moyen de l'Adour à Aire-sur-l'Adour (Atura à l'époque romaine) est large et dissymétrique (fig. 3), elle est dominée de 60 à 70 m au sud, par le plateau du Tursan qui se termine par un versant abrupt ; au nord et à l'est, la vallée s'élève graduellement par une succession de terrasses vers les collines d'Armagnac. La topographie crée deux milieux thermiques différents, que l'on peut cerner grâce à une remarquable densité de postes et notamment à l'existence à Aire-sur-l'Adour de deux stations thermométriques automatiques mises en place par l'auteur.

- **La première est implantée dans la Cité Scolaire Gaston Crampe** (poste dénommé Lycée) : sur le plateau du Tursan (altitude 150 m), là où s'amorce la déclivité qui conduit à la vallée de l'Adour : aucune inversion thermique n'y est possible.

- **La seconde se trouve dans la vallée, quartier Bellevue**, appelée Bellevue, (altitude 84 m), à proximité de l'ancien poste bénévole du CNES (Centre National des Etudes Spatiales) qui a effectué des relevés de 1970 à 1991. La branche aturine du CNES est spécialisée dans les lancements de ballons stratosphériques car la région est une des moins ventées de France : situation propice aux inversions thermiques et au brouillard.

2.2. Moyennes minimales et gelées sous abri dessinent deux milieux différents

Les moyennes thermiques, le nombre de gelées et les minima montrent des différences significatives entre le plateau et la vallée, malgré la modeste des dénivellations (60-70m).

Tableau 3 : Comparaison entre des valeurs significatives relevées sur le plateau du Tursan et dans la vallée de l'Adour

Moyennes annuelles	CNES (79 m)	Bahus-Soubiran (149 m)	Lycée (150 m)	Bellevue (84m)
	1975-90	1975-90	1994-2001	1994-2001
Minimales	8,0°	8,5°	8,8°	8,1°
Gelées	40	28	24	41
Minima absolus (nuit claires et calmes)				
8 janvier 1985	-21,7°	- 14,3°		
18 janvier 1987	- 14,7°	- 11,0°	- 9,5°	- 14,6°
31 janvier 1992	.	1,5°	1,2°	- 3,9°
18 août 1995	.	.	18,2°	13,9°
31 août 1995	.	.	10,1°	5,7°
12 mars 1997	.	.	8,8°	3,4°
20 janvier 2002	.	-	4,8°	0,0°

Les écarts extrêmes, entre la vallée et le plateau, vont de 5 à 7°, la différence atteint même 7,4° le 8 janvier 1985 entre le CNES et Bahus-Soubiran (70 m de dénivelé). Au cours de cette vague de froid intense, dans la vallée de l'Adour, toutes les essences végétales délicates ont gelé (eucalyptus, albizias, pins insigni), ainsi que la plupart des canalisations d'eau et le fleuve lui-même. Par contre, les dégâts du gel ont été bien moins accusés dans les lotissements installés sur le plateau (Avila, 1987).

Les gelées sont bien plus nombreuses dans la vallée : en neuf saisons froides (de 1993-94 à 2001-2002) il y a eu 368 gelées sous abri à Bellevue (vallée) et 215 gelées au Lycée (plateau). La période de gel est plus longue dans la vallée avec des gelées possibles dès octobre et encore fréquentes (une année sur deux) en avril : minima absolu de - 4,1 ° en avril 1996). Sur le plateau, les gelées sont rares en octobre et en avril (sauf lors d'importantes advections froides). Dans la vallée, des gelées blanches sont possibles dès septembre (1972, 1977 et 2002) et jusqu'en mai (1975, 1976, 1979, 1987, 1995 et 2002), ce n'est pas le cas sur le plateau.

En décembre 2001, un froid très vif a sévi du 9 au 27 (l'Adour a gelé le 25), les stations automatiques (Bellevue et Lycée) ont relevé la durée et l'intensité du gel, faisant apparaître de grands écarts. Les gelées sont à la fois plus durables et plus intenses dans la vallée (tableau 4).

Tableau 4 : Décembre 2001 : comparaison entre les deux stations aturines

	Bellevue (84 m) vallée de l'Adour	Lycée (150 m) plateau du Tursan	Ecart entre les 2 sites
minima moyens	- 2,3°	-0,8°	1,5°
minima absolus	- 12,5°	- 10,6°	1,9°
nombre de gelées	20	17	3°
durée de gelée	314 heures	275 heures	39 heures
durée de forte gelée	133 heures	99 heures	34 heures
durée de très forte gelée	10 heures	2 heures 30	7 heures 30
durée de gel inférieur à -12°	1 heure 30	0 heure	1 heure 30

3elée : à partir de 0° ; forte gelée : à partir de -5,0° ; très forte gelée : à partir de -10°

2.3- Le refroidissement nocturne radiatif en air doux : deux exemples remarquables de temps anticyclonique : février - avril 1997 et janvier - mars 2002

Durant les mois de février, mars, avril 1997 : il y a eu 75 cas d'inversion thermique en 89 nuits et pendant le premier trimestre (janvier, février et mars) 2002, on relève 67 cas en 90 nuits. Grâce au vent de sud-est à sud-ouest, les maxima sont élevés et le froid nocturne, favorisé par l'absence de nuages et de vent, est uniquement dû à la fuite par rayonnement de la chaleur vers l'espace. Le tableau 5 montre l'ampleur de l'écart qui existe dans ce type de situation entre la vallée et le plateau, aussi bien en ce qui concerne les moyennes mensuelles que le nombre de gelées.

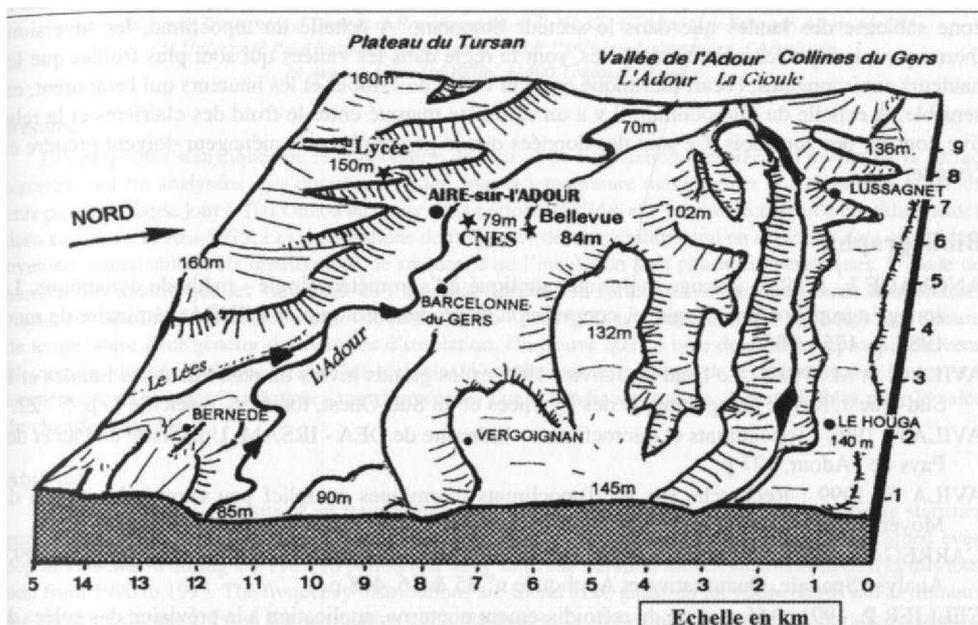


Figure 3. Esquisse cartographique des climats nocturnes par ciel clair et atmosphère calme.

Tableau 5. Tableau comparatif des moyennes mensuelles des températures minimales

	Février 1997	Mars 1997	Avril 1997	Janvier 2002	Février 2002	Mars 2002
Bellevue (84 m) vallée	3,7°	3,5°	4,7°	0,7°	3,4°	4,5°
Lycée (150 m) plateau	5,2°	5,8°	6,5°	2,8°	4,3°	6,5°
Ecarts entre les 2 sites	1,5°	2,3°	1,9°	2,1°	0,9°	2,0°
Gelées						
Bellevue (84 m) vallée	6	5	3	14	6	4
Lycée (150 m) plateau	2	0	0	10	2	0
Ecarts entre les 2 sites	4	5	3	4	4	4

Le 9 février 1997, au lever du jour, il fait froid dans la vallée de l'Adour : - 2,4° à Bellevue (indice actinofhermique de - 5,0° à 10cm du sol), -3,9° à Maubourguet (172m), à 30 km en amont d'Aire, dans la plaine de l'Adour. Sur les hauteurs environnantes, il fait sensiblement plus doux : 0,2° au

Lycée et même 6,0° à Lembeye (310 m). Le poste de Lembeye (310m) est situé à 10km de celui de Maubourguet (172m) : l'inversion thermique atteint 9,9° pour une dénivellation de 138 m. La mince pellicule d'air froid, dans les vallées, est surmontée d'une épaisse couche d'air chaud : dans les Pyrénées, on relève 1,0° à Caunteret (917 m) et tout juste 0,0° à Larrau-Iraty (1327 m).

Conclusion

Le champ thermique nocturne est un puzzle très complexe lorsque la nuit est claire et calme, car il y a interférence entre des influences agissant à plusieurs niveaux d'échelles. A l'échelle de la région, c'est la nature du substrat qui joue le rôle déterminant : le refroidissement est plus important dans la zone sableuse des landes que dans le secteur limoneux. A échelle du topoclimat, les inversions thermiques, lorsque les nuits sont claires, sont la règle dans les vallées qui sont plus froides que les hauteurs environnantes, l'écart thermique entre la vallée de l'Adour et les hauteurs qui l'entourent, est sensible. A échelle du microclimat, il y a un contraste marqué entre le froid des clairières et la relative douceur des sous bois. Ce sont des données que le géographe et l'aménageur doivent prendre en compte.

Bibliographie

- AN G L A D E I., 1989 : - Zonage thermique appliqué à l'agrométéorologie - méthode dynamique, Le zonage agropédoclimatologique, commission d'agrométéorologie de L'INRA, séminaire de mars 1989, p. 175 - 186.
- AVILA F. et M., 1987 : Le froid de Janvier 1985 et les grands hivers du passé dans les Landes et le Sud-Ouest, Revue Géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest, tome 58, fascicule 1, p. 5 - 22.
- AVILA F., 1992 : Topoclimats et microclimats - Mémoire de DEA - IRSAM, Université de Pau et des Pays de l'Adour, 127 p.
- AVILA F., 1999 : Recherche sur les Topoclimats thermiques en relief peu contrasté : région du Moyen-Adour et forêt landaise - thèse - Université de Pau et des Pays de l'Adour, 327 p.
- CARRE GA P., 1994 : Topoclimatologie et Habitat, Thèse université de Nice-Sophia Antipolis 1992, Analyse Spatiale, Quantitative et Appliquée n° 35 & 36, 408 p.
- CELLIER P., 1991 : Mécanisme du refroidissement nocturne, application à la prévision des gelées de printemps. INRA, station de bioclimatologie, 78850 Thiverval-Grignon, 20 p.
- CHAMPEAUX J.L., GOUTORBE J.P., PERIS P., 1990 : Analyse de la température de l'air pendant l'expérience Hapex-Mobilhy, La Météorologie, 31, p. 17-25.
- CHARABI Y., QUENOL H., BELTRANDO G., KERGOMARD C., 2000 : Variation du champ thermique nocturne estival à l'intérieur d'un fragment urbain, Publications de l'Association Internationale de Climatologie, 2000. vol. 13. p. 455 - 464.
- CHOISNEL E., 1984 : Notion d'échelle en climatologie, La Météorologie, VIIème série, 4, p. 44 - 52.
- ESCOUROU G., 1980 : Climats et environnement, Masson, 182 p.
- GEIGER R., 1966 : The climate near the ground, Harvard University Press, Cambridge, USA, 611 p.
- GESLIN H., 1947 : La caractérisation des climats locaux, Station centrale de bioclimatologie, INRA, 32 p.
- SEGUIN B., 1975 : Caractérisation des inversions nocturnes lors des gelées de printemps dans un verger de la moyenne vallée du Rhône, Notes internes, INRA, station de bioclimatologie d'Avignon, 75, II, 20 p.
- VIGNEAU J.P., 1994 : L'air du temps : échelles spatiales fines et pas de temps courts en climatologie, Etudes Méditerranéennes n° 16, p. 5 - 8 et 141 - 143.
- WILBERT J., 1987 : Pédologie en Aquitaine, cartographie et inventaire, CRAR-INRA, 81 p et cartes hors texte.