

CARACTÉRISATION DU FROID AU SUD DE L'AQUITAINE D'APRÈS LES RELEVÉS D'AIRE SUR ADOUR

AVILA F.

Docteur en géographie, 20 rue Jacques Prévert, 40800 Aire sur Adour, France [fernand2_avila@yahoo.fr]

Résumé - Entre la chaîne des Pyrénées et le Massif Central, largement ouvert sur l'océan Atlantique, le bassin aquitain est un vaste ensemble de plaines et de collines bénéficiant d'un hiver doux et pluvieux. Moins concerné par le réchauffement climatique que les autres saisons, l'hiver connaît des séquences de froid rigoureux et les études de cas mettent en valeur le rôle de la couche neigeuse, de la topographie et de la sécheresse comme facteur aggravant.

Mots clés : Aire sur Adour, Bassin Aquitain, circulation atmosphérique, vagues de froid.

Abstract - Characterization of cold in the south of Aquitaine, on the basis of data from Aire sur Adour. Between the chain of Pyrenees and the Massif Central, widely opened on the Atlantic Ocean, Aquitaine basin is a vast set plains and hills. The winter benefits from a mild and rainy winter. Less concerned by the global change than the other seasons, the winter knows sequences of rigorous cold which arise in irregular intervals. The case studies show the role of snow, topography and drought as aggravating factor.

Keywords: Aire sur Adour, Aquitaine basin, atmospheric circulation, cold waves.

Introduction

Le bassin aquitain est un vaste triangle bordé par le Massif Central au nord-est, la chaîne des Pyrénées au sud, s'ouvrant largement vers l'ouest sur l'Océan par une côte rectiligne et un cordon dunaire. Le bassin de l'Adour au sud de l'Aquitaine draine l'essentiel du département des Landes. Ce fleuve côtier offre la particularité de séparer deux espaces morphologiques distincts : au sud, les collines et plateaux limoneux de Chalosse et Tursan ; au nord, le plateau sableux landais, planté en pins maritimes au XIX^{ème} siècle (fig. 2). Aire sur Adour se situe au contact de ces deux ensembles. La recherche en climatologie locale bénéficie des données du poste du CNES (79 m) de 1970 à 1991, implanté dans la vallée comme celui de Bellevue (84 m) en activité depuis 1981. Elle prend aussi en compte le poste du lycée Gaston Crampe (150 m) en bordure du plateau du Tursan, en activité de 1985 à 2008. Aire sur Adour, Atura dans l'Antiquité, les habitants sont des « aturins » et on parle de « région aturine » pour désigner le cours moyen de l'Adour avec plateaux et collines environnantes. C'est une région qui n'est pas à l'abri des vagues de froid malgré sa réputation, justifiée, de douceur méridionale. Aire sur Adour (43°45'N) est située dans le midi océanique à la même latitude que la Camargue et Nice. Depuis 1971 il y a eu 16 épisodes de froids rigoureux avec au moins une gelée $\leq -8^{\circ}\text{C}$, 50 jours sans dégel et 50 jours avec sols enneigés, en majorité postérieurs à décembre 1984.

1. Les données des postes climatiques aturins

Ce graphique (figure 1) et le tableau 1 mettent en évidence les vagues de froid les plus marquées, avec tous les caractères du froid intense : neige abondante, froid intense concernant les minima, période sans dégel, neige couvrant le sol pendant une longue période en janvier 1985, 1987 et 2007. Les

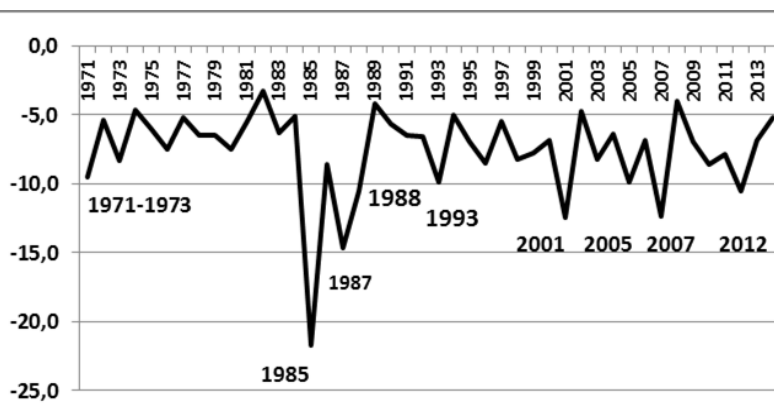


Figure 1. Minima absolus annuels (°C) 1971-2014 - Aire sur Adour

autres vagues de froid ont des minima entre -10°C et $-12,5^{\circ}\text{C}$, décembre 2001 et février 2012, avec arrivée tardive de la neige et faible épaisseur. Puis on peut citer des vagues de froid avec de fortes gelées mais sans jours de gel et sans neige : novembre 1988 et 2007, février 1993, mars 2005. L'objectif de l'article est de réaliser une typologie des vagues de froid (tableau 1).

Tableau 1. Températures, jours de gel et enneigement, vagues de froid à Aire sur Adour.

	2-18 Janv. 1985	10-25 Jan. 1987	22-29 Nov. 1988	20-28 fév. 1993	8-27 Déc 2001	1-14 mars 2005	24-31 jan. 2007	15-17 Nov. 2007	1-13 fév. 2012
minima absolus	$-21,7^{\circ}\text{C}$	$-14,7^{\circ}\text{C}$	$-10,5^{\circ}\text{C}$	$-9,9^{\circ}\text{C}$	$-12,5^{\circ}\text{C}$	$-9,9^{\circ}\text{C}$	$-12,4^{\circ}\text{C}$	$-8,7^{\circ}\text{C}$	$-10,5^{\circ}\text{C}$
jours sans dégel	10	8	0	0	3	0	3	0	2
moyenne du mois	$0,5^{\circ}\text{C}$	$1,5^{\circ}\text{C}$	$9,8^{\circ}\text{C}$	$4,8^{\circ}\text{C}$	$2,9^{\circ}\text{C}$	$9,4^{\circ}\text{C}$	$6,8^{\circ}\text{C}$	$7,4^{\circ}\text{C}$	$2,6^{\circ}\text{C}$
nombre de gelées	19	19	9	16	20	14	8	13	21
$\leq -5,0^{\circ}\text{C}$	14	13	6	3	12	3	4	2	11
$\leq -8,0^{\circ}\text{C}$	10	5	3	1	9	1	3	2	5
$\leq -10,0^{\circ}\text{C}$	7	1	1	0	3	0	2	0	3
neige	15 cm	20 cm	X	Traces	5 cm	X	20 cm	X	10 cm
durée enneigement	12 j.	14 J.	X	X	3 j.	X	7 j.	X	2 j.

2. Trois épisodes de grand froid avec couverture neigeuse importante et persistante

2.1. La vague de froid exceptionnelle de janvier 1985

Après un début d'hiver clément, une puissante perturbation déverse d'importantes quantités de pluie les 26 et 27 décembre 1984. Le 28, le vent tourne au nord-ouest. Un temps froid et humide s'installe avec de petites gelées et des averses intermittentes de neige. Après un léger redoux le 1^{er} janvier 1985, le froid s'intensifie dans l'après-midi du 2. Le vent s'oriente au nord-est, le ciel se dégage par le nord. Du 3 au 5 janvier, épisode de temps sec et froid avec de fortes gelées nocturnes et un faible dégel diurne malgré un ensoleillement très vif. Le 5 janvier en cours de matinée, le grand froid déferle comme le 1^{er} février 1956. Un vent glacé de NE se lève, aspiré par une perturbation neigeuse qui circule sur les Pyrénées et la péninsule ibérique, le maximum est de $0,3^{\circ}\text{C}$ vers 11 heures, puis la température ne cesse de baisser dans l'après-midi et la soirée du 5 janvier 1985. Le 6 janvier, le minimum s'abaisse à $-12,4^{\circ}\text{C}$ à Aire sur Adour au lever du jour, température qu'on n'avait plus connue depuis le grand hiver 1962-63, froid glacial toute la journée. La nuit du 6 au 7 est très froide, une perturbation neigeuse descend du nord donnant une forte chute de neige de 7 à 8 h du matin. La couche, de 12 à 15 cm, augmentée par de petites chutes de neige, persiste jusqu'au 18 janvier. La neige fraîche accentue le froid (en réfléchissant le rayonnement solaire et en limitant le flux de chaleur qui provient du sol). À 17h le 7, la température est déjà inférieure à -10°C à Aire sur Adour, quartier Bellevue (observation de l'auteur). Ce 8 janvier

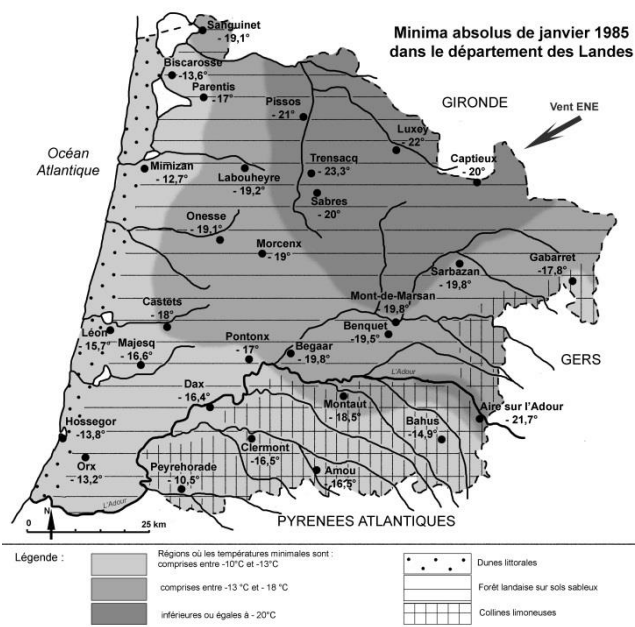


Figure 2. Minima absolus dans les Landes en janvier 1985

Après un début d'hiver clément, une puissante perturbation déverse d'importantes quantités de pluie les 26 et 27 décembre 1984. Le 28, le vent tourne au nord-ouest. Un temps froid et humide s'installe avec de petites gelées et des averses intermittentes de neige. Après un léger redoux le 1^{er} janvier 1985, le froid s'intensifie dans l'après-midi du 2. Le vent s'oriente au nord-est, le ciel se dégage par le nord. Du 3 au 5 janvier, épisode de temps sec et froid avec de fortes gelées nocturnes et un faible dégel diurne malgré un ensoleillement très vif. Le 5 janvier en cours de matinée, le grand froid déferle comme le 1^{er} février 1956. Un vent glacé de NE se lève, aspiré par une perturbation neigeuse qui circule sur les Pyrénées et la péninsule ibérique, le maximum est de $0,3^{\circ}\text{C}$ vers 11 heures, puis la température ne cesse de baisser dans l'après-midi et la soirée du 5 janvier 1985. Le 6 janvier, le minimum s'abaisse à $-12,4^{\circ}\text{C}$ à Aire sur Adour au lever du jour, température qu'on n'avait plus connue depuis le grand hiver 1962-63, froid glacial toute la journée. La nuit du 6 au 7 est très froide, une perturbation neigeuse descend du nord donnant une forte chute de neige de 7 à 8 h du matin. La couche, de 12 à 15 cm, augmentée par de petites chutes de neige, persiste jusqu'au 18 janvier. La neige fraîche accentue le froid (en réfléchissant le rayonnement solaire et en limitant le flux de chaleur qui provient du sol). À 17h le 7, la température est déjà inférieure à -10°C à Aire sur Adour, quartier Bellevue (observation de l'auteur). Ce 8 janvier

1985, le minimum est de $-21,7^{\circ}\text{C}$ à 8h30, le maximum ne dépasse pas $-6,6^{\circ}\text{C}$ au poste météorologique du CNES (fig. 2) tandis que la nuit suivante, on relève $-19,0^{\circ}\text{C}$ vers 23 heures le 8 janvier (minima noté du 9 janvier). Une perturbation neigeuse limite la baisse de la température. Puis le brouillard givrant s'établit du 10 au 15 janvier, avec des températures de -8°C à -12°C la nuit et de -3°C à -6°C le jour. Après le passage d'une nouvelle perturbation neigeuse, le ciel se dégage ce qui favorise un nouveau refroidissement : $-17,1^{\circ}\text{C}$ le 16, à Aire. L'Adour est recouvert par une mince couche de glace les 16 et 17 janvier 1985 (début d'embâcle). Le froid est nettement plus intense qu'en février 1956 : le poste d'Arblade-le-bas distant de 4 km d'Aire dans la vallée de l'Adour, n'avait relevé que -15° et 6 jours sans dégel. Si l'on excepte les quelques minutes pendant lesquelles la température a légèrement dépassé 0°C : $0,3^{\circ}\text{C}$ le 5 janvier vers 11 heures du matin et $0,6^{\circ}\text{C}$ le 9 janvier vers 15 heures, il a gelé de façon continue pendant plus de 12 jours. Malgré la neige, le sol gèle à Aire sur Adour sur une profondeur de 17 cm (mesuré par l'auteur). Le redoux est rapide. Une première perturbation amène de l'air plus doux et un début de dégel, le 17, qui s'accroît, le 18, avec une violente tempête. Les arbres gelés jusqu'au cœur, se brisent comme du verre sous des bourrasques de vent soufflant à plus de 100 km/h. L'air froid est définitivement balayé.

La vague de froid a eu des conséquences catastrophiques entraînant une surmortalité des personnes sensibles (Le Monde, oct. 1985), paralysant l'économie. Les chaussées enneigées et verglacées sont impraticables aux autobus et aux poids-lourds pendant 12 jours plus une semaine de pose de barrières de dégel. De nombreuses canalisations d'eau et de chauffage central, mal isolées dans une région où l'hiver est si doux, ont éclaté. Les plombiers sont débordés de travail. Les chaussées ont été soulevées par le gel du sous-sol et ont beaucoup souffert car le macadam est peu épais dans le Sud-Ouest ; elles seront à refaire. De nombreuses essences subtropicales ont péri dans les jardins (mimosas, eucalyptus, albizzias, pins insignis), l'indice actinothermique à 10 cm au-dessus du sol est de -27°C le 8 (mesuré par l'auteur). Les plantations de Kiwis ont souffert. La forêt de pins des landes a subi des pertes importantes, notamment dans les zones replantées en pins d'origine portugaise après les grands incendies de 1949. En juillet 1985, on comptabilise plus de 20.000 ha fortement gelés et près de 10.000 ha moins sévèrement atteints (Journal Sud-Ouest).

2.2. Grande offensive de la neige et du froid en janvier 1987 comme en janvier 1985

Le 10 janvier 1987 débute une importante advection froide. Un puissant anticyclone (1045 hPa) couplé avec une dépression positionnée sur l'Italie dirige un flux d'air glacé provenant l'Europe orientale, (situation de grand froid, figure 3). Il fait -43°C à Leningrad, -39°C à Moscou, -30°C à Varsovie. L'air arctique déferle sur l'Europe occidentale. Sur le sud de l'Aquitaine, à Aire sur Adour, le grand froid arrivé les 11 et 12 janvier, est suivi de pluies verglaçantes le 13 janvier au matin, ce qui provoque de nombreux accidents et la rupture des câbles électriques. La pluie se transforme en tempête de neige vers 17h ce 13 janvier, quand le vent tourne du SE au NW, la température passe de $+3^{\circ}\text{C}$ à -6°C en quelques instants. Les chutes de neige continuent les 14, 15 et 16 janvier 1987. La couche dépasse 20 cm. Le

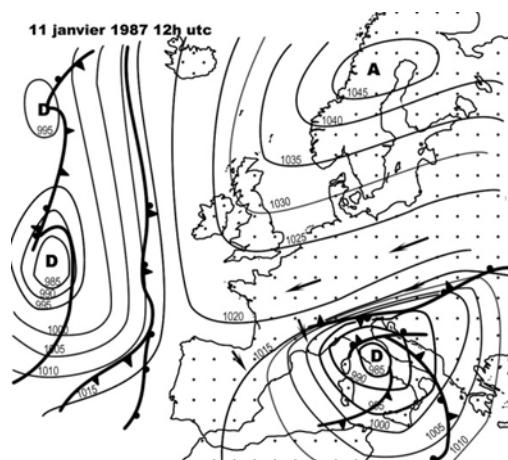


Figure 3. Situation le 11 janvier 1987

17 janvier, le beau temps ensoleillé reste froid (maximum de $-3,2^{\circ}\text{C}$), et durant la nuit du 17 au 18, la température atteint $-14,7^{\circ}\text{C}$ vers 23 heures au poste du CNES. Une couverture de stratus arrête alors le refroidissement. Dans les clairières de la forêt landaise les minima atteignent -18°C . En seconde semaine, les brouillards givrants maintiennent un froid rigoureux avec un gel continu. Le 19 janvier, on relève $-8,4^{\circ}\text{C}$ le matin et $-5,7^{\circ}\text{C}$ l'après-midi. Une remontée des températures débute, le redoux survient le 25 janvier. Le froid a moins de conséquences catastrophiques que celui de janvier 1985, néanmoins la région a été paralysée pendant deux semaines, les routes étant recouvertes d'une épaisse couche de neige gelée. Dans la région aturine, les barrières de dégel immobilisent durant 7 jours supplémentaires, autobus et camions.

2.3. La vague de froid oubliée de fin janvier 2007

Une douceur remarquable règne depuis la fin décembre 2006, puis survient une vague de froid brutale. Les médias n'ont guère parlé de l'épaisse couche de neige (20-30 cm) tombée dans la nuit du 24 au 25 janvier 2007 à partir de 0 h30. La neige tombe dans un losange de 60 km de côté dont les sommets sont Condom, Vic-Fezensac, Maubourguet et Aire avec un noyau autour de Nogaro qui reçoit plus de 40 cm de neige. Le secteur enneigé subit pendant une semaine des conditions hivernales rigoureuses. À Aire, le minimum s'abaisse à $-12,1^{\circ}$ le 26 janvier et $-12,4^{\circ}\text{C}$ le lendemain (tableau 2). L'amplitude thermique avec le maximum du 19 janvier ($20,2^{\circ}\text{C}$) est de 34°C . Auch, Pau, Mont-de-Marsan reçoivent peu de neige et il n'y a pas de neige à Toulouse ni à Bordeaux où le froid est nettement moins intense. La neige et le grand froid ne concernent donc qu'une région rurale, c'est probablement la raison du peu d'intérêt des médias. Une forte advection froide ayant suivi la chute de neige, les secteurs fortement enneigés connaissent des nuits glaciales (-12°C à -15°C). Les gelées sont moins intenses dans les secteurs peu ou pas enneigés ($-6,4^{\circ}\text{C}$ à Toulouse, $-7,8^{\circ}\text{C}$ à Pau, $-9,4^{\circ}\text{C}$ à Auch, $-9,8^{\circ}\text{C}$ à Mont-de-Marsan). À partir du 28 janvier, une couche de brouillard givrant s'installe et le gel est continu pendant 3 jours. La neige couvre le sol durant 7 jours, le ramassage scolaire et interrompu pendant 3 jours.

Tableau 2. Minima absolus relevés dans la région enneigée en janvier 2007.

Poste climatique	Aire/Bellevue	Condom	Riscle	Maumusson
Minima absolu	$-12,4^{\circ}\text{C}$	$-13,5^{\circ}\text{C}$	$-13,8^{\circ}$	$-13,2^{\circ}$
Poste climatique	Aire/ Mestade	Eauze	Créon d'A.	Maubourguet
Minima absolu	$-12,0^{\circ}\text{C}$	$-13,3^{\circ}\text{C}$	$-13,7^{\circ}$	$-14,5^{\circ}\text{C}$

Des canalisations d'eau ont gelé ainsi que des cultures maraîchères sous serre, les essences végétales délicates (mimosas,...) ont, à nouveau souffert, des oiseaux appartenant à des espèces qui n'ont pas migré en raison de la grande douceur de l'automne, périssent. Il a fallu tronçonner les branches des arbres ployant sous le poids de la neige pour dégager les routes.

3. Les chutes de neige en dehors des épisodes de grand froid

3.1. Tempête de neige du 3 janvier 1997

Le 26 décembre 1996, arrivée d'une vague de froid qui dure jusqu'au 31 décembre. Dans la nuit du nouvel an, vers 3 heures, chute de neige poudreuse (7 à 10 cm) qui fond lentement dans la journée et le lendemain. Le vendredi 3 janvier, une perturbation océanique pénètre sur le bassin aquitain. À Aire sur Adour, le vent souffle du SE, il pleut fortement. Puis vers 13 heures, la neige se mêle à la pluie, lorsque le vent tourne au NW, la température baisse et tend vers 0°C , la neige remplace alors totalement la pluie. Une violente tempête de neige commence et dure jusqu'à 18h.

Malgré un sol boueux, une couche de neige se forme et augmente rapidement, atteignant 20 à 25 cm de neige lourde, gorgée d'eau. Plus à l'ouest vers Dax et l'océan, ce n'est que de la pluie. Rapidement les routes deviennent impraticables, les victimes de la neige sont hébergées à Aire sur Adour. Les manchons de neige qui se forment autour des câbles électriques provoquent leur rupture. Des pins s'effondrent sous le poids de la neige. Puis en une huitaine de jours, un lent redoux fait disparaître la neige.

3.2. Neige à la fin d'un hiver très doux, les 27 et 28 février 2001

À la fin de l'hiver 2000-2001, très doux, la région aturine est exposée pendant près de deux jours à une succession de grains d'abord pluvieux accompagnés de violentes bourrasques de vent de NW, avec le passage ininterrompu de fronts arctiques qui se bloquent contre la chaîne des Pyrénées. La température baisse et approche de 0°C, la neige remplace la pluie dans une ambiance de tempête de neige. Dans la nuit entre 2 h et 6 h du matin, de violents orages accompagnent la neige qui tombe jusqu'en début d'après-midi, le 28 février, formant une couche de 5 cm dans la vallée (84 m) et de 12 cm au Lycée (150 m). Finalement on recueille 87 mm de précipitations (pluie et neige).

4. Le froid sans la neige reste un froid rigoureux mais pas extrême (comme en 1985)

4.1. Décembre 2001 : une longue vague de froid sur le sud du bassin aquitain

Une sécheresse intense sévit depuis le début mai 2001 : le sol est très sec, la siccité de l'air est remarquable. Un puissant anticyclone positionné sur le nord de l'Europe draine un air d'origine arctique très froid dans un flux de NE à E. Puis il se décale vers l'Irlande, se prolongeant par une dorsale vers le Sud-Ouest de la France du 21 au 25 décembre. Cette période de froid est remarquable par la durée et l'intensité des gelées. Du 8 au 21 décembre, grand beau temps avec nuits claires et calmes (figure 4). Le froid est intense, de -8°C à -10°C, car l'air est très sec : aucune trace de gelée blanche sur les gazons, ni de givre sur les voitures. Le premier épisode neigeux, ne donnent que quelques flocons, qui suffisent à paralyser la circulation automobile, il faut 7 heures le soir du 14 décembre pour aller d'Aire à Pau distantes de 50 km. Le passage d'une autre perturbation neigeuse, le 23 décembre, rend l'atmosphère humide et saupoudre la région de 3 à 5 cm de neige. Après le deuxième pic de froid le 25 décembre (-12,5°C), une mince couche de glace recouvre le fleuve en amont du pont à Aire sur l'Adour, comme en janvier 1985, le redoux s'accompagne de petites pluies et d'un verglas meurtrier les 26 et 27 décembre. La carte d'analyse de la surface 500 hPa montre le cheminement direct et rapide de l'air froid depuis l'Arctique jusqu'au bassin aquitain (figure 4). En intensité de gel, décembre 2001 se place derrière janvier 1985, mais avant toutes les autres périodes de froid depuis 1971. La région qui s'étend de Mont-de-Marsan à Pau (et englobe Aire sur Adour) est le pôle du froid en France ce qui est exceptionnel. Aire est plus froid que Strasbourg (tableau 3), habituellement la ville de plaine la plus froide de France.

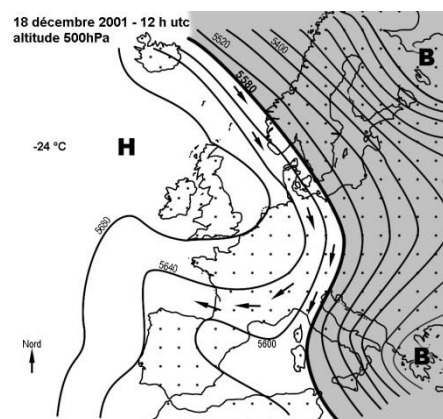


Figure 4. Analyse surface 500 hPa
-18/12/2001, 12h TU.

Tableau 3. Comparaison entre les régions de l'Est et du Sud-Ouest pendant le froid de décembre 2001.

Station météo	Moyenne minima	Nombre de gelées	Minima absolu de déc. 2001	Fortes gelées $\leq -5^{\circ}$	Très fortes gelées $\leq -8^{\circ}$
Strasbourg	-1,9 °C	21	-15,3 °C	10	5
Aire/Adour	-2,3 °C	20	-12,5 °C	12	9

4.2. Février 2012, le mois de février le plus froid depuis 1956

Depuis 1963, la région n'avait pas connu de grand froid en février, la vague de froid de 2012, débute le 1^{er}. La situation météo ressemble de façon saisissante au début février 1956. Mais le froid est moins intense et ne dure pas tout le mois. Un redoux survient le 13, puis de fortes gelées ont lieu à nouveau du 18 au 24 et des gelées faibles se produisent à la fin du mois. Au total, 21 gelées (27 en 1956) et une moyenne de 2,6°C (-1,0°C en 1956, à Arblade-le-Bas).

En résumé

Le climat de la vallée de l'Adour est brumeux et froid durant les nuits claires et calmes tandis que les collines et les plateaux ont un climat nocturne plus doux (tableau 4). Le rayonnement nocturne refroidit le sol et par gravité, l'air froid s'écoule vers la vallée. En décembre 2001 (Avila, 2004, 2007), il gèle 314 heures dans la vallée au poste de Bellevue (84 m) contre 275 heures sur le plateau au poste du lycée (150m). On a respectivement 133 heures et 99 heures en ce qui concerne les fortes gelées ($\leq -5^{\circ}\text{C}$) et 10 heures et 2 heures 30 pour les très fortes gelées ($\leq -10^{\circ}\text{C}$).

Tableau 4. Influence de la topographie sur le niveau et l'intensité des gelées

Périodes	Déc. 2001	Déc. 2001	Jan. 1987	Jan. 1987	Jan. 1985	Jan. 1985	1986-2002
Stations	Lycée, 150m	Bellevue, 84m	Lycée, 150 m	CNES, 79m	Bahus, 143m	CNES, 79 m	Bellevue, 39 gelées
Moyenne	- 0,8 °C	- 2,3 °C	- 0,3 °C	- 2,0 °C	- 1,9 °C	- 3,7 °C	
Minima	- 9,6 °C	- 12,4 °C	- 9,5 °C	- 14,7 °C	- 14,3 °C	- 21,7 °C	Lycée, 29 gelées

La comparaison des normales 1971-2000 et 1981-2010 indique une nette élévation de la température moyenne de l'été et des saisons intermédiaires qui progressent de 0,3°C à 0,5°C. L'hiver demeure stable : gain de 0,2°C en janvier, stabilité en décembre et légère baisse pour février (-0,3°C). Le nombre des gelées augmente légèrement passant de 42 à 46 gelées par an tandis que la pluviosité diminue un peu (de 25 mm pour l'hiver, 10% du total). La période 1971-84, marquée par des flux dominants d'ouest, connaît peu de vagues de froid (Avila, 1999). Mais depuis janvier 1985, l'hiver connaît davantage de coups de froid et de nombreux records ont été battus. Malgré sa situation méridionale, l'hiver au sud de l'Aquitaine reste concerné par le froid.

Références bibliographiques

Avila M., Avila F., 1987 : Le froid de janvier 1985 et les grands hivers du passé dans les Landes et le Sud-Ouest. *RGPSO*, **58**, I, 5-22.

Avila F., 1999 : *Recherche sur les topo-climats thermiques en relief peu contrasté du moyen-Adour et des Landes*. Thèse, Université de Pau et des Pays de l'Adour, 315 p.

Avila F., 2004 : L'inversion thermique dans une vallée du sud de l'Aquitaine dans le secteur d'Aire sur Adour. *L'information géographique*, **3**, 212-227.

Avila F., 2007 : Climat local, changements climatiques et impact économique, trente-six ans d'observation climatologique. *Climatologie*, **4**, 167-190.