



HAL
open science

LE RECHAUFFEMENT DES ALPES DU SUD A LA MER MEDITERRANEE (1959-2015)

Annick Douguédroit

► **To cite this version:**

Annick Douguédroit. LE RECHAUFFEMENT DES ALPES DU SUD A LA MER MEDITERRANEE (1959-2015). XXX^e Colloque de l'Association Internationale de Climatologie: Climat, ville et environnement, Jul 2017, Sfax, Tunisie. hal-03523699v2

HAL Id: hal-03523699

<https://hal.science/hal-03523699v2>

Submitted on 17 Feb 2022

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

LE RÉCHAUFFEMENT DANS LES ALPES DU SUD (1959-2015)

DOUGUÉDROIT A.

Aix Marseille Univ, Univ Nice Sophia Antipolis, Avignon Université, CNRS, ESPACE, Nice, France, 29 avenue Robert Schuman, 13621 Aix en Provence, France [annick.douguedroit@univ-amu.fr]

Résumé – Une méthode d'analyse de la diminution des températures moyennes annuelles avec l'altitude distinguant deux cas, adrets et fonds de vallée, et une analyse de cette diminution par cette méthode ont été réalisées en 1970 sur des séries de températures 1959-1965 des Alpes françaises du Sud. L'objectif de la recherche est d'évaluer les différences de température associées au réchauffement en comparant les résultats précédents à ceux obtenus par la même méthode pour des températures de la période 2009-2015 dans la même région. Les températures des adrets se sont réchauffés plus que ceux des fonds de vallée de jour, mais pas à la fin de la nuit. Les problèmes posés par les données récentes d'un certain nombre de minima nous ont obligé à diminuer le nombre de stations utilisées pour les minima par rapport aux températures maximales.

Mots-clés : Diminution des températures avec l'altitude, Adrets, Fonds de vallée, Réchauffement, Alpes françaises du Sud.

Abstract – warming in the french southern alps (1959-2015)

A method for analyzing annual mean temperature decrease with altitude by using a difference between South facing slopes and valley bottoms and an analysis of this decrease by this method has been done on the 1959-1965 temperature series of the French Southern Alps. The object of this research is the evaluation of temperature differences connected with warming by a comparison between these previous results with results obtained for recent temperatures (2009-2015) in the same region. South facing slopes have more warmed than valley bottoms during days than during nights. Those minima of recent data are less numerous than maxima ones.

Keywords : Temperature decrease with altitude, Southern facing slopes, Valley bottoms, Warming, French Southern Alps.

Introduction

Les Alpes du Sud situées à l'extrémité méridionale et méditerranéenne de la chaîne des Alpes attirent en général peu l'attention des chercheurs qui focalisent plutôt leurs recherches sur les Alpes franco-suisse plus septentrionales et le plus souvent sur les précipitations et la neige (Beniston, 2000). L'étude menée à la fin des années 1960 (Douguédroit et de Saintignon, 1970) qui portait à la fois sur l'établissement de la méthode de calcul de la décroissance des températures en montagne et son application sur l'estimation des gradients des températures dans les Alpes françaises du Sud peut servir de base à une estimation du réchauffement dans cette région par rapport à la période actuelle. La comparaison a été menée avec une méthode identique et des séries de données aussi proches que possible de celles du siècle dernier.

L'intérêt de la comparaison entre les années 1960 (1959-1965) et actuelles (2009-2015) est renforcé par la position chronologique des premières avant le début du réchauffement rapide actuel daté pour l'Europe dans les années 70 (IPCC, 2013). Elle permet ainsi de préciser l'importance du réchauffement récent.

1. Méthode et données

L'originalité principale de la méthode utilisée réside dans la mise en évidence, dans une région homogène d'un point de vue thermique, de l'existence de plusieurs relations linéaires entre température et altitude qui dépendent de différentes positions topographiques possibles en montagne (Douguédroit et de Saintignon, 1970).

1.1. Une région thermiquement homogène

La distribution relativement lissée des conditions thermiques, à la différence de celle des précipitations, permet de définir des ensembles régionaux que l'on peut considérer, dans certaines conditions, comme homogènes. Les massifs montagneux avec leurs limites

topographiques relativement nettes en représentent des exemples souvent les plus faciles à définir. C'est le cas des Alpes françaises du Sud. La limite orientale des Alpes françaises du Sud, celle de la frontière franco-italienne, est arbitraire. Côté sud et ouest, sa netteté fort variable dépend de l'existence de versants terminaux plus ou moins abrupts. Côté nord a été retenue celle qui était habituelle en 1970, la ligne des grands cols définie par E. Bénévent comme la limite entre Alpes françaises du Nord et du Sud (Bénévent, 1926). A l'intérieur de telles limites ces dernières sont considérées alors comme un ensemble thermique homogène.

En 2017 on peut se poser, sous l'effet du changement climatique, la question de la pertinence actuelle de cette limite septentrionale. Mais, comme ce dernier décale en Europe les isothermes vers le nord, il ne pourrait que faire de même pour cette limite, agrandissant ainsi vers le nord l'espace thermique correspondant aux Alpes françaises du Sud. Cette question n'a pas été étudiée puisque, au sud de la limite traditionnelle, nous sommes toujours bien dans les Alpes du Sud.

1.2. Plusieurs relations linéaires entre température et altitude

En montagne la relation température – altitude, considérée comme linéaire, est une régression linéaire du type $Y = aX + b$ soit $T = T_0 - bZ$ avec T = température mesurée, $T_0 = T$ au niveau de la mer, b le gradient et Z l'altitude de T . Cette relation dépend de la position topographique des points de mesure. Quatre positions topographiques principales peuvent être définies : versants à orientation générale sud appelés ici « adrets » (A), à orientation générale nord ou « ubacs », fonds de vallées avec leurs inversions thermiques de fin de nuit (FV) et sommets. Seuls les premiers et troisième types, représentés par un nombre suffisant de postes pour une étude statistique, ont fait l'objet de la mise au point de la méthode en 1970 dans le cas des Alpes françaises du Sud.

1.3. Les données

Les stations (La Météorologie Nationale, 1970) ont été réparties entre les seuls 2 groupes représentés dans les Alpes françaises du Sud en 1970, adrets et fonds de vallée. La liste optimale fut constituée alors de 44 stations, soit 2 fois 22. Nombre de postes et durée de mesures s'expliquent alors par l'état du réseau des stations de la Météorologie Nationale mis sur pied en 1951 avec des stations préexistantes à la guerre 1939-45 et de nouvelles. La plupart des stations ne mesurant alors que les seules températures maximales (TX) et minimales (TN) de la journée, à partir desquelles pouvaient être calculées des températures moyennes (TM), seules les régressions de ces 3 types de données ont été calculées pour l'ensemble de la région. La période la plus « longue » possible retenue fut de 7 ans, sachant que les moyennes correspondantes sont très proches de celles de 1946-1965 pour les stations existant pendant cette période (Fig.1). L'étude a été menée à partir des moyennes mensuelles et annuelles mais seules les dernières ont été retenues dans l'article de présentation de la méthode en 1970.

La situation s'est révélée bien différente en 2016-2017. Nous avons tenu à conserver la même durée de mesures, fixée à 2009-2015, et la même extension de la région, sans le Diois où il n'y avait dans les années 1960 que la station de Lus-la-Croix-Haute. Sur les 44 stations de 1970, seules 10 fonctionnent encore en 2015, sur les 48 recensées en 2016 (plus 2 du Diois) soit moins qu'en 1960 (Météo-France, 2017). Comme pour la série 1959-1965 les moyennes annuelles sont seules utilisées ici.

Parmi ces stations se trouvent représentées les 4 positions topographiques citées plus haut : deux ubacs (Les Orres et Péone - Valberg) et six stations (St Martin d'Entraunes, Le Mas-Col de Bleine, Caussols, Rimplas, Peille-Mt Agel, Sospel-Mt Barbonnet et Levens-Mt Arpasse)

situées très près de sommets ou sur les lignes de crête, sans pouvoir être plus précis en l'absence de certains fichiers météorologiques (Météo-France, 2016), ne seront pas étudiés ici. Restent 40 stations dont 21 adrets et 19 fonds de vallée. Leur distribution spatiale n'est pas identique à celle de 1959-1965 (Fig. 1). Les TN (températures minimales de fin de nuit) présentent une grande dispersion, certaines étant trop ou pas assez chaudes par rapport à la majorité d'entre elles. Les fichiers permettant de remarquer des particularités locales non optimales en fin de nuit pour l'installation de postes (Météo-France, 2016 et 2017) nous ont fait éliminer certaines du calcul des TN dont le nombre de cas est alors inférieur à celui des adrets.

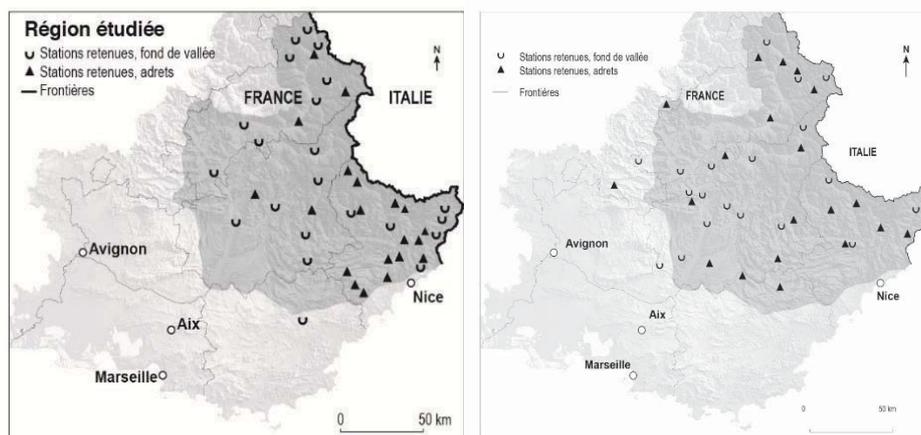


Figure 1. Région des Alpes françaises du Sud retenue (en gris foncé) et localisation des stations. En 1970 à gauche et en 2017 à droite

2. La décroissance des températures moyennes annuelles le long des adrets

Les résultats montrent de notables différences entre les cas des adrets et des FV (Tab. 1). Les adrets ont des gradients de l'ordre de $0,6^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ dans les 2 cas, avec une augmentation de $1,2^{\circ}\text{C}$ en 2009-2012 par rapport à 1959-65, soit une montée des isothermes de 200m d'altitude. En revanche les températures des TN varient peu avec un gradient plus faible pendant la seconde période qui fait se recouper les 2 courbes. Aussi les écarts entre les 2 périodes des températures moyennes s'accroissent-elles avec l'altitude.

Tableau 1. Résultats des 2 séries pour les adrets. Gradient : pour 100m. T0 : Température « au niveau de la mer » de l'équation de régression. Différence au niveau de la mer : entre la seconde et la première série. R : Coefficient de corrélation.

Températures	Séries	Gradient	T0	Différence	R
TX	1959-1965	0,61	21,6	-	0,97
TX	2009-2015	0,59	22,8	1.2	0,96
TN	1959-1965	0,55	10,4	-	0,92
TN	2009-2015	0,52	9,9	- 0.5	0,91
TM	1959-1965	0,60	16,2	-	0,97
TM	2009-2015	0,55	16,3	0.1	0,96

2.1. Températures maximales moyennes annuelles sur les adrets

Les températures TX, soit le maximum journalier moyen annuel, « au niveau de la mer », sont supérieures de $1,2^{\circ}\text{C}$ en 2009-2015 par rapport à 1959-65, ce qui représente une différence de 200 mètres environ (gradient de l'ordre de $0,6^{\circ}\text{C}$), en soulignant au passage le niveau élevé des corrélations dans les tableaux 1 et 2. Elles ont notablement augmenté en 50 ans, plutôt 40 si l'on rapporte le début du réchauffement dans les années 70 (IPCC, 2013), ce

qui correspond aussi avec l'évolution des TX de Saint-Auban, station de référence de Météo-France (non représentée ici). Cet écart à T0 diminue légèrement à cause de la différence de gradient entre les 2 séries jusque vers 2000 mètres d'altitude, niveau des plus hautes stations (Tab.1 et Fig.2).

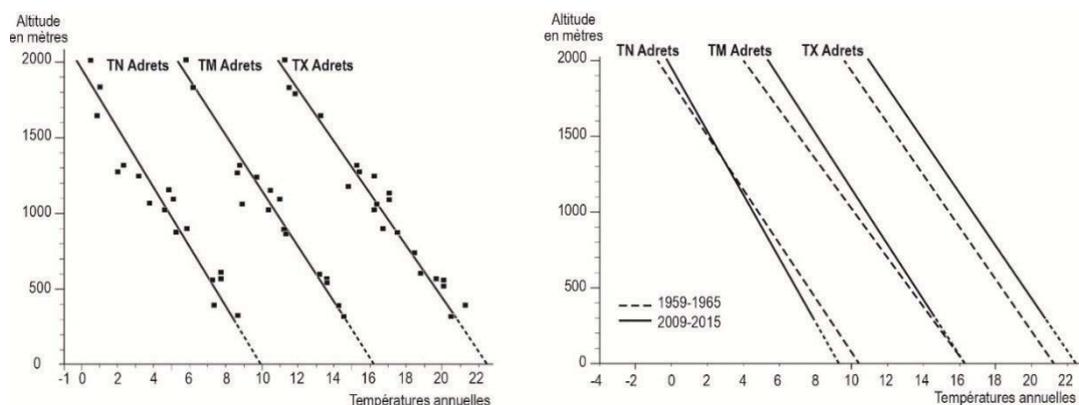


Figure 2. Décroissance des températures moyennes annuelles en fonction de l'altitude sur les adrets : 2009-2015 à gauche, les deux séries (1959-1965 et 2009-2015) à droite

En dessous de 350-400m, on arrive dans le climat méditerranéen dont la relation de son réchauffement avec celui des Alpes du Sud reste à étudier.

2.2. Températures minimales moyennes annuelles sur les adrets

Les TN des adrets présentent une grande dispersion (Fig. 3). Les 4 d'entre eux trop chauds ou froids ont été éliminés. Pendant la seconde période le gradient des TN moyens annuels est plus faible que pendant la première, ce qui aboutit à des « températures à T0 » inférieures à celles de la première période. L'écart entre les 2 séries s'accroît à peine avec l'altitude ; il reste très faible, même vers 1500m d'altitude. Le réchauffement nocturne apparait bien inférieur à celui diurne, même si sa valeur ne peut être proposée qu'avec une grande prudence à cause des incertitudes pesant sur les mesures des TN relevées de nuit (Tab.1 et Fig.2 et 3).

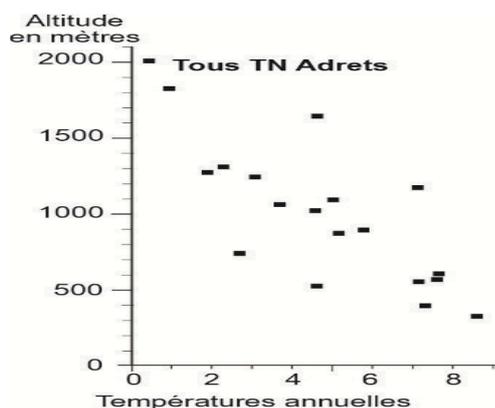


Figure 3. Les températures minimales moyennes annuelles de tous les adrets

2.3. Températures moyennes annuelles sur les adrets

Sous l'influence de la courbe des TN, les courbes des TM se rapprochent à T0 et présentent un écart croissant avec l'altitude qui se rapproche vers 2000m de celui noté pour les températures maximales (Tab.1 et Fig.2).

3. La décroissance des températures moyennes annuelles en altitude dans les fonds de vallée

3.1. Températures maximales moyennes annuelles dans les fonds de vallée

Ce sont les valeurs les plus fiables comme pour les adrets. Le gradient des maxima est plus faible, 0,51 en 2009-2015 qu'en 1959-1965 (0,59). L'écart de 0,8°C à T0 s'accroît avec l'altitude mais reste toujours inférieur à celui des températures maximales des adrets.

Tableau 2. Résultats des 2 séries pour les fonds de vallée. Légende identique à celle de Tab. 1.

Températures	Séries	Gradient	T0	Différence	R
TX	1959-1965	0,59	21,2		0,98
TX	2009-2015	0,51	22,0	0,8	0,98
TN	1959-1965	0,64	8,8		0,97
TN	2009-2015	0,55	8,2	- 0,6	0,89
TM	1959-1965	0,61	14,8		0,97
TM	2009-2015	0,55	15,1	0,3	0,96

Le réchauffement diurne apparaît plus faible dans les couloirs des vallées que sur les versants plus longtemps exposés au soleil. Il se créerait alors un décalage dans l'importance du réchauffement diurne, donc de la remontée des isothermes, entre les deux types de positions topographiques, les adrets et les fonds de vallée (Tab.2 et Fig.3).

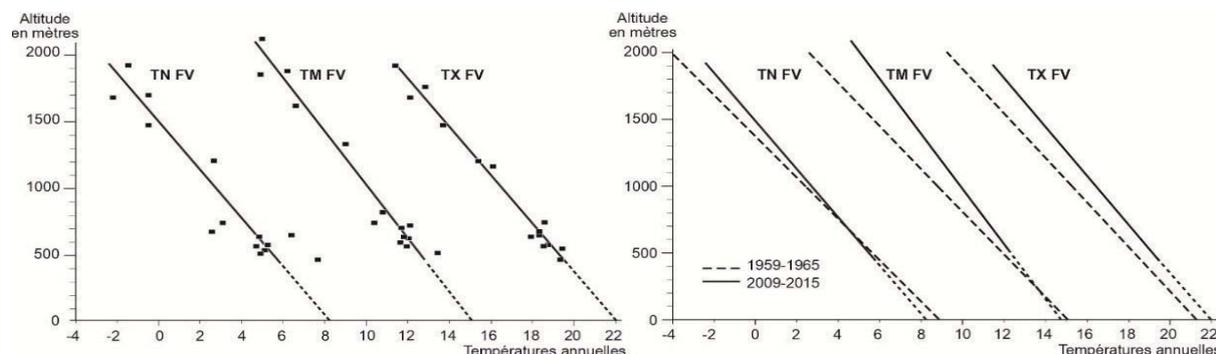


Figure 3. Décroissance des températures moyennes annuelles en fonction de l'altitude dans les fonds de vallée

3.2 Températures minimales moyennes annuelles dans les fonds de vallée

Les TN des FV sont encore plus dispersés que ceux des adrets (Fig. 4). Cinq n'ont pas été retenus pour les mêmes raisons que ceux des adrets. Parmi les plus chauds, on trouve, sans explication connue, celui de Saint-Auban, station de référence de Météo-France à 458m d'altitude dans la vallée de la Durance. La distribution spatiale des stations de FV montrait en 1959-65 l'existence de certaines plus froides que les autres (Marcoux, Guillaumes, Saint-André les Alpes et Val des Prés) toutes les quatre dans la partie occidentale des Alpes du Sud (non montré ici) qui sont en 2009-15 plus représentées que l'est ; mais cela n'explique pas pourquoi Saint-Auban est plus chaude que ses voisins au début du 21^{ème} siècle. Les courbes des 2 séries sont presque confondues sauf vers 1500m et au-delà (Tab.2 et Fig.5).

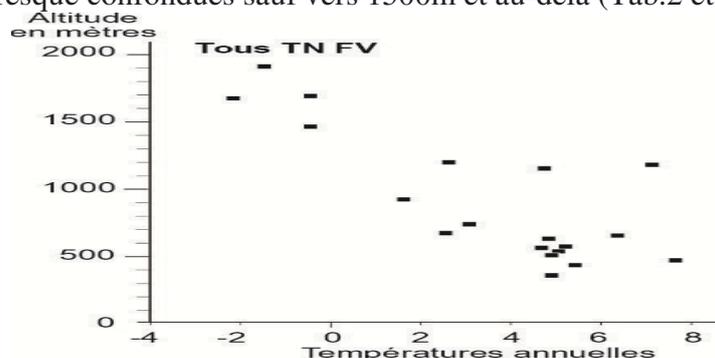


Figure 4. Les températures minimales de tous les fonds de vallée

Le réchauffement des TN des fonds de vallée entre les deux séries apparaît bien faible.

3.3 Températures moyennes annuelles dans les fonds de vallée

Moyenne des deux résultats précédents, elle subit surtout l'effet du faible gradient des TN par rapport aux moyennes 1959-65 et le contrecoup des questions posées plus haut à leur sujet (Tab.2 et Fig.3 et 4).

Conclusion

La comparaison entre les températures des adrets et des fonds de vallée des Alpes françaises du Sud à l'échelle des moyennes annuelles confirme bien l'existence d'un réchauffement entre 1959-65 et 2009-15 mais en montre aussi les inégalités. Il est plus important à la fois de jour (TX : maxima) sur les adrets que dans les fonds de vallée (une montée des isothermes de l'ordre de 200m au lieu de 100) et de fin de nuit (TN : minima) lors de laquelle il est presque nul. Cette étude n'est pas totalement satisfaisante. Les données de la série des stations disponibles dans les Alpes françaises du Sud en 2009-2015 posent des problèmes sérieux pour nombre de minima aussi bien en position d'adret que de fond de vallée, problèmes qui se posaient moins, semble-t-il, pendant la période 1959-1965. Il conviendra de revoir les localisations des stations par rapport à leur environnement immédiat pour pointer une éventuelle influence sur certaines températures. Doit également être posée la question d'un possible effet du changement de la distribution spatiale entre les deux séries et des instruments de mesure (Fig. 1).

Cette recherche va être continuée dans 2 directions. D'une part nous comptons procéder à une comparaison mensuelle entre les 2 séries grâce aux moyennes mensuelles de la série 1959-1965 dont nous disposons. D'autre part nous voulons la prolonger par l'étude des températures de son piedmont méditerranéen pour préciser les relations entre les 2 régions sur ce plan thermique.

Bibliographie

Bénévent E. 1926 : Le climat des Alpes françaises du Sud. *Mémorial de L'Office National Météorologique de France*, **14**, 436 p.

Beniston, M.,2000: Environmental Change in Mountains and Uplands. Arnold/Hodder and Stoughton/Chapman and Hall Publishers, London, UK, and Oxford University Press, New York, USA. 172 pp.

Douguédroit A., de Saintignon M.-F.,1970 : Méthode d'étude de la décroissance des températures en montagne de latitudes moyennes : exemple des Alpes du Sud. *Revue de Géographie Alpine*. LVIII, 3, 453-472

IPCC, 2013: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp.

La Météorologie Nationale, 1970 : Stations : Données mensuelles.

Météo-France, 2016 : Données publiques – Informations sur les stations - Fiches de poste.

Météo-France, 2017 : Publiothèque. Stations : Données mensuelles et Historiques.