



**HAL**  
open science

## Les extrêmes thermiques dans les Préalpes françaises : évolutions présentes (1961-90) et futures (de 2021 à 2100)

Sandra Rome, Shan Li, Sylvain Bigot

### ► To cite this version:

Sandra Rome, Shan Li, Sylvain Bigot. Les extrêmes thermiques dans les Préalpes françaises : évolutions présentes (1961-90) et futures (de 2021 à 2100). Evènements climatiques extrêmes et leurs impacts, Sep 2013, Cotonou, Bénin. pp.445-451. halshs-00907810

**HAL Id: halshs-00907810**

**<https://shs.hal.science/halshs-00907810>**

Submitted on 21 Nov 2013

**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.

## LES EXTRÊMES THERMIQUES DANS LES PRÉALPES FRANÇAISES : ÉVOLUTIONS PRÉSENTES (1961-90) ET FUTURES (DE 2021 A 2100)

ROME S., LI S. et BIGOT S.

Université Grenoble Alpes, LTHE UMR 5564 UJF-CNRS-IRD, 38041 Grenoble Cedex 09, France  
Tél. : +33(0)476 82 20 76, sandra.rome@ujf-grenoble.fr ; sylvain.bigot@ujf-grenoble.fr

**Résumé :** Les changements climatiques sont déjà perceptibles en montagne (GIEC, 2007), avec notamment un réchauffement dans les Alpes et les Préalpes double de celui enregistré à l'échelle de l'hémisphère nord. Cette étude, menée dans le cadre du programme GICC-DECLIC, examine l'intensité des extrêmes thermiques estivaux actuels et futurs dans les Préalpes françaises. Les données météorologiques sont issues de sorties des trois modèles numériques de climat (ALADIN, LMDz, MAR) utilisés par le projet ANR-SCAMPEI, calibrées par rapport aux observations à maille fine de 8 km (réanalyses de type SAFRAN de Météo-France). L'étude porte sur l'analyse des températures minimales et maximales d'été, pour la période de référence (1961-1990), les périodes simulées 2021-50 et 2071-2100. Les résultats montrent notamment l'intensification des extrêmes thermiques estivaux chauds (TN et TX) d'ici les années 2080, en particulier en zone collinaire en juillet avec +6,2°C pour les températures minimales et +7,5°C pour les maximales.

**Mots-clés :** Extrêmes thermiques, Préalpes, vague de chaleur, percentiles.

### Introduction

L'essentiel du réchauffement général moyen constaté depuis 50 ans est très probablement (probabilité > 90 %) attribuable à l'augmentation de concentration des GES anthropiques (GIEC, 2007). L'accroissement des phénomènes météorologiques extrêmes est d'ores et déjà un aléa enregistré dans les Alpes, avec notamment un réchauffement double de celui enregistré à l'échelle de l'hémisphère nord (GIEC, 2007 ; Durand *et al.*, 2008) ainsi qu'à l'échelle du département de la Drôme (Leroy *et al.*, 2012 ; Philippe *et al.*, 2012).

Afin de proposer aux décideurs des solutions d'adaptation des sociétés à ces aléas météorologiques extrêmes potentiellement dommageables (vagues de chaleur et de froid, chutes de neige à basse altitude, baisse de la qualité de l'enneigement dans les stations de sport d'hiver...), le présent travail analyse l'évolution récente et future des températures de l'air à l'échelle d'une partie des Préalpes françaises (Bauges, Chartreuse, Vercors, Diois et Baronnies). La question posée est donc de savoir si, et avec quelle amplitude, le réchauffement s'opère par rapport à un référentiel temporel observé. L'étude a aussi comme objectif théorique plus large de déterminer les possibles conséquences environnementales et socio-économiques associées à l'évolution des extrêmes climatiques dans le secteur préalpin étudié.

### 1. Intérêt de l'analyse des extrêmes thermiques

#### 1.1. L'indice de vague de chaleur et les extrêmes chauds

S'il est difficile de proposer une définition universelle des vagues de chaleur, les météorologistes français privilégient le maintien pendant plus de 5 jours consécutifs de températures maximales voisines ou supérieures à un seuil compris entre 30 et 35°C selon les régions géographiques. Ces dépassements sont rares et correspondent aux périodes de vague de chaleur connues (1976, 1983, 2003). Les leçons de la canicule d'août 2003 en Europe de l'Ouest ont poussé la recherche d'autres indicateurs d'excès thermiques plus pertinents. L'indice de vague de chaleur (*heat wave duration index*, HWDI) défini par Frich *et al.* (2002) utilise le seuil de 5°C au-dessus des normales, hors régions tropicales notamment où la variabilité thermique diurne est faible. De la même façon, Météo-France définit les jours (*respectivement les nuits*) anormalement chaud(e)s quand la température maximale (TX) et la température minimale (TN) du jour sont supérieures ou égales à la normale des TX

(respectivement des TN) plus 5°C ; si la durée de ces conditions dépasse 5 jours consécutifs, on parle de vague de chaleur. Par ailleurs, un 'événement météorologique extrême' est un événement rare en un endroit et à un moment de l'année particuliers (Baede, 2007). Si les définitions du mot « rare » varient considérablement, un événement météorologique extrême devrait normalement être aussi rare, sinon plus, que le 10<sup>ème</sup> ou le 90<sup>ème</sup> percentile de la fonction de densité de probabilité observée. Ainsi, les caractéristiques des événements météorologiques extrêmes peuvent, dans l'absolu, varier d'un endroit à un autre. Lorsque des conditions météorologiques extrêmes se prolongent pendant un certain temps, l'espace d'une saison par exemple, elles peuvent être considérées comme un *événement climatique extrême*, en particulier si elles correspondent à une moyenne ou à un total en lui-même extrême. Cette définition du GIEC d'événement météorologique extrême est largement reprise, notamment par les statisticiens pour traiter les plus grandes observations d'un jeu de données. En effet, la théorie des valeurs extrêmes (*extreme value theory*, EVT) permet de considérer deux caractéristiques importantes des extrêmes : leur fréquence et leur intensité. Plusieurs climatologues ont fait appel à l'EVT pour résoudre un éventail de problèmes liés aux extrêmes climatiques (Zwiers & Kharin, 1998 ; Nogaj *et al.*, 2006 ; Goubanova & Li, 2006 ; Kharin *et al.* 2007 ; Goubanova, 2007).

La thématique des extrêmes de température, notamment le programme national français GICC-DECLIC (Drôme : Eau, Climat et Impacts liés aux Changements), soutenu également par le LabEx OSUG@2020 V@ldrôme de l'Université Joseph Fourier (Grenoble 1) et engagée en partenariat avec le Conseil Général de la Drôme, vise à analyser le climat du département et son changement, dans l'optique d'anticiper des mesures d'adaptation (par filières ou pour des populations spécifiques).

## 1.2. La zone d'étude : les Préalpes françaises du nord et centrales

La zone préalpine étudiée couvre une partie des Préalpes, du massif des Bauges au Nord, au massif des Baronnies au Sud, marquant déjà la limite avec les Préalpes du Sud et couvrant quelques agglomérations entre Albertville, Montélimar et Gap (figure 1).

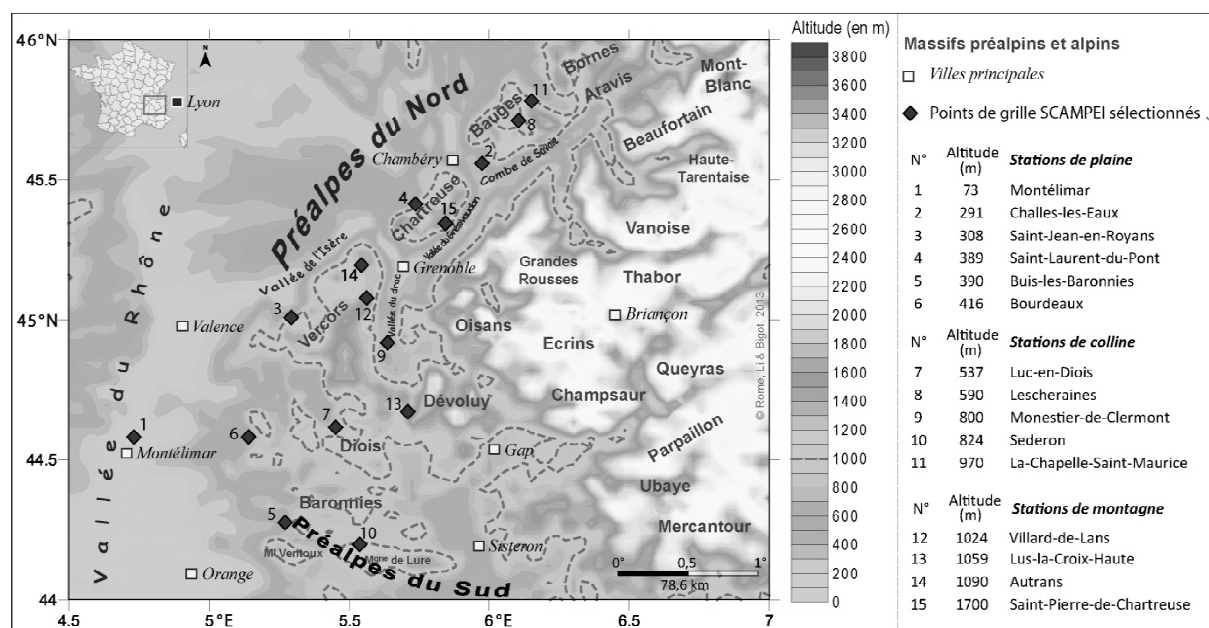


Figure 1. Localisation de la zone d'étude et des points de grille SCAMPEI utilisés pour étudier les températures dans cinq massifs des Préalpes françaises, des Bauges aux Baronnies.

## **2. Données et méthode d'analyse des températures estivales préalpines**

### **2.1. Les données issues de simulations des programmes SCAMPEI et DRIAS**

Les points de grille SCAMPEI sont sélectionnés en fonction de leur altitude selon 3 classes : la plaine (< 500 mètres), les collines (500-1000 m) et les montagnes (>1000 m). Quinze points-stations sont retenus des Bauges aux Baronnies pour leurs différences topographiques et leur extension spatiale, est/ouest d'une part et nord/sud d'autre part (figure 1). Les variables météorologiques utilisées sont la température minimale et la température maximale journalières (en °C), relevées à 2 m au-dessus du sol, en juin, juillet et août (JJA), pour 3 intervalles temporels : la période de référence, le futur proche et le futur lointain. La période de référence correspond à un intervalle caractéristique des années 1970 aux données simulées sur la période 1961-90. Pour le scénario, deux périodes sont disponibles : le « futur proche » correspondant aux années 2030 (2021-2050) et le « futur lointain » matérialisant les années 2080 (2071-2100) (SCAMPEI, 2010 ; DRIAS, 2012). A chaque fois il s'agit de 30 années fictives produites selon les scénarios du GIEC. Le terme « années 1970 » est employé pour préciser que les concentrations de gaz à effet de serre sont celles de la période 1961-1990. Les valeurs quotidiennes ayant servi à calculer ces indices peuvent être sélectionnées et téléchargées sur le [site du programme SCAMPEI](#).

Dans ce travail, seuls les résultats concernant les données simulées du modèle Aladin (Météo-France) et le scénario des gaz à effet de serre A1B (type intermédiaire) sont présentés.

### **2.2. Les percentiles pour détecter les changements d'intensité et de durée des extrêmes**

Le recours aux percentiles est couramment employé pour étudier la répartition de paramètres météorologiques, plutôt que leur moyenne. Plusieurs seuils sont retenus : Klein Tank et Konnen (2003) recherchent les jours chauds (TX selon un seuil à 90%) et des nuits chaudes (TN, 90%) par la méthode des percentiles, calculés par rapport à une fenêtre de cinq jours centrés sur la moyenne des valeurs quotidiennes de la période 1961-1990. D'autres programmes utilisent des seuils similaires tel IMFREX (2005) avec les indices estivaux TX10 et TX90, ou encore STARDEX (2005) pour définir les températures extrêmes, à savoir : *i*) pour les TN, le 10<sup>ème</sup> percentile (A) ; *ii*) pour les TX, le 90<sup>ème</sup> percentile (B) ; *iii*) la variabilité intra-annuelle d'extrême thermique (B-A) ; *iv*) l'indice de durée d'une vague de chaleur calculé pour une période de jours consécutifs où TX>B soit au 90<sup>ème</sup> percentile. Alexander *et al.* (2006) analysent les changements d'extrêmes thermiques et la durée des vagues de chaleur par la méthode des percentiles (90<sup>ème</sup>) sur des données quotidiennes. Déqué (2003) utilise le 99<sup>ème</sup> percentile des précipitations et températures (TN et TX) quotidiennes. Rome *et al.* (2009) utilisent les 1<sup>er</sup> et 99<sup>ème</sup> centiles pour repérer les valeurs thermiques extrêmes les plus froids et chauds sur les hauts plateaux du Vercors (Préalpes centrales).

Les données SCAMPEI étant des données simulées, la méthode de Météo-France (températures journalières TN et TX supérieures de 5°C à la normale) n'est pas utilisable. La méthode des percentiles au seuil 90 % est donc préconisée pour analyser la fréquence et l'intensité des extrêmes de température. Les données de TN et TX quotidiennes de JJA des 15 points de grille correspondant aux 15 stations sont alors moyennées pour obtenir des indices thermiques préalpins pour 3 classes d'altitude et couvrant les 5 massifs.

## **3. Une augmentation prévue des étés chauds dans les Préalpes**

### **3.1. Un réchauffement affectant surtout les maximales quotidiennes**

L'amplitude thermique diurne des années 1970 varie en moyenne de 9,6°C en plaine en juin (8,1°C en montagne) à 11,9°C en août (10,4°C en montagne). Les statistiques des TN et des TX pour les 3 classes altitudinales sont représentées sur la figure 2. Les mois de JJA

devraient se réchauffer dans les 15 points de grille SCAMPEI sélectionnés, essentiellement les TX dont l'intensité s'accroît entre la période de référence et le futur proche (TN : +1,9°C ; TX : +2,1°C) et surtout le futur lointain (TN : +4,7°C ; TX : +6,2°C) (figures 2 et 3).

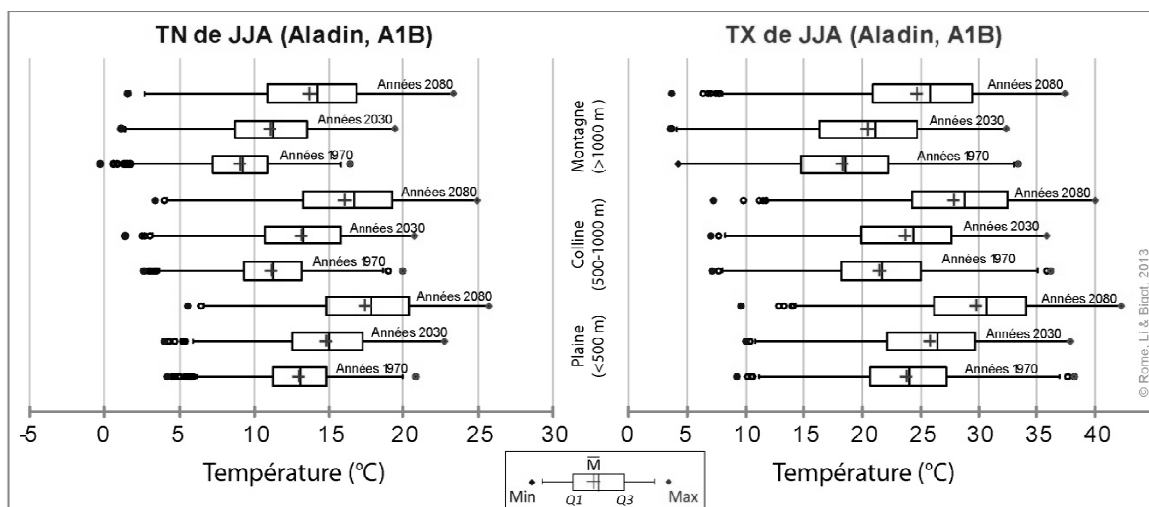


Figure 2. Statistiques descriptives des TN (à gauche) et des TX (à droite) d'un indice préalpin estival (JJA), pour la période actuelle (1961-90), le futur proche (2021-2050) et le futur lointain (2071-2100), obtenues pour les données simulées du modèle Aladin (Météo-France) et le scénario A1B du GIEC.

Ce réchauffement moyen est noté quelle que soit l'altitude mais il est surtout sensible dans les zones de montagne où les TX devraient davantage augmenter que les TN (figure 3).

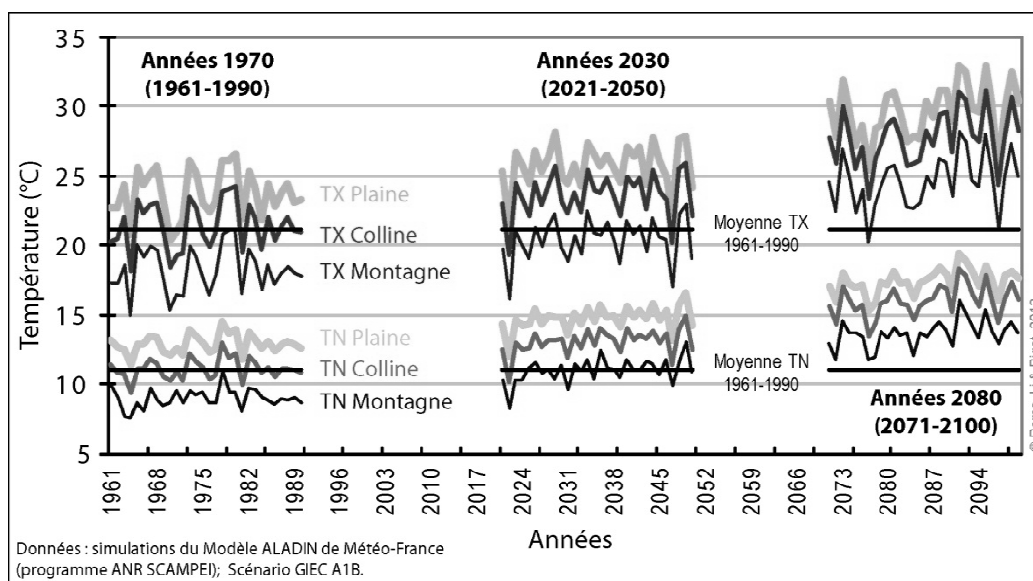


Figure 3. Evolution des TN et TX d'un indice préalpin estival (données issues de 15 stations de la grille SCAMPEI en JJA), pour la période actuelle (période 1961-90), le futur proche (2021-2050) et le futur lointain (2071-2100), obtenues pour les données simulées du modèle Aladin (Météo-France) et le scénario GIEC-A1B.

### 3.2. Un changement dans la distribution des températures nocturnes et diurnes

La figure 4 montre le changement de fréquence et d'intensité des valeurs de températures attendues à moyen et long termes. La fréquence des TN les plus souvent rencontrées se décale de 6°C vers des valeurs plus chaudes, avec l'apparition de nuits tropicales (TN>22°C) très fréquentes dans le futur en plaine (passant de 1 à 9 %), sans toutefois exclure les gelées nocturnes. Les journées très chaudes (TX>35°C) sont elles aussi en augmentation en plaine ;

on passerait de moins de 3 % dans les années 1970 à 18 % dans les années 2080. Les zones de montagne verraient apparaître des journées très chaudes, avec 0,6 % de cas d'ici 2100.

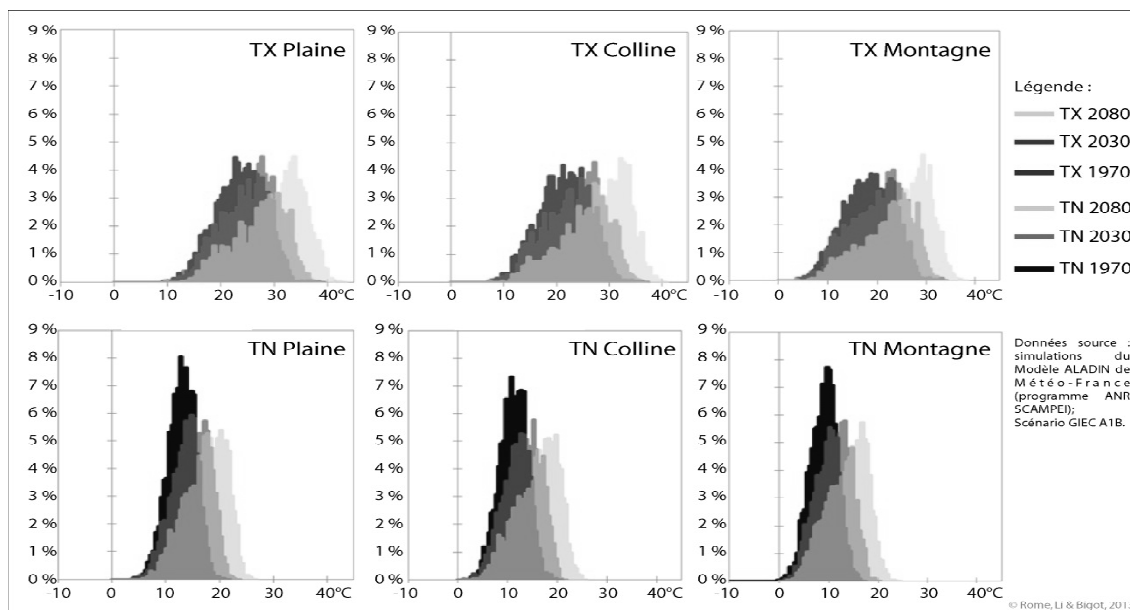


Figure 4. Histogramme de fréquence des TX (en haut) et TN (en bas) de l'indice préalpin estival calculé pour 3 tranches altitudinales (plaine, colline et montagne) pour la période actuelle (période 1961-90), le futur proche (2021-2050) et le futur lointain (2071-2100). Les données sont des simulations pour les 15 points de la grille SCAMPEI, du modèle Aladin (Météo-France) et selon le scénario GIEC-A1B.

Les valeurs les plus chaudes de l'été (TN et TX au percentile 90) augmenteraient d'ici les années 2030 de quelques dixièmes de degrés pour les TX en juin, et de +3,5°C en août en montagne (tableau 1). L'augmentation des extrêmes chauds diurnes devrait être la plus forte d'ici les années 2080 quelle que soit l'altitude, avec TX 90 de +7,5°C en juillet. Les TN extrêmes devraient aussi augmenter, et de façon tout aussi inquiétante, avec TN 90 de +6,3°C en juillet dans les zones collinaires.

Extrêmes chauds (TN et TX au 90 <sup>ème</sup> percentile)	Juin		Juillet		Août	
	TN	TX	TN	TX	TN	TX
Montagne 1970	11,1	22,2	12,8	25,0	12,4	25,2
Montagne 2030	12,8	22,6	15,4	27,4	15,9	28,7
Montagne 2080	15,2	27,1	18,5	32,3	19,0	32,3
Colline 1970	13,2	24,9	14,9	27,7	14,9	28,2
Colline 2030	14,6	25,2	17,6	30,3	18,2	31,7
Colline 2080	17,2	30,1	21,2	35,2	21,5	35,0
Plaine 1970	14,7	26,5	16,4	29,7	16,4	30,2
Plaine 2030	16,0	27,2	18,9	32,2	19,6	33,5
Plaine 2080	18,4	31,7	22,1	37,0	22,5	37,0

Tableau 1. Seuils des températures estivales les plus chaudes (90<sup>ème</sup> percentile) pour les TN et les TX selon les 3 classes d'altitude, à différents horizons temporels.

## Conclusion

L'augmentation des extrêmes thermiques est attendue dans les Préalpes françaises (selon les simulations du modèle Aladin et le scénario GIEC-A1B) ; la fréquence et l'intensité des TN et des TX se déplacent vers des valeurs plus chaudes. Les jours (*nuits*) les plus chauds le seront encore davantage, les extrêmes TX 90 (*TN 90*) augmentant en moyenne en juin-juillet-août, toutes altitudes confondues, de +5,1°C (+4,0°C) en juin, +7,4°C (+5,9°C) en juillet et +6,9°C (+6,4°C) en août. Ce sont surtout les zones d'altitude inférieure à 1000 mètres qui devraient accuser le plus fort réchauffement, jusqu'à +7,5°C en juillet pour les maximales.

**Remerciements :** Les auteurs tiennent à remercier le programme ANR SCAMPEI et le portail DRIAS les futurs du climat, pour l'accès aux données, ainsi que le LabEx OSUG@2020 de l'Université Joseph Fourier qui soutient le projet V@ldrôme.

## Bibliographie

- Alexander L.V., Zhang X., Peterson T.C., Caesar J., Gleason B., Klein Tank A., Haylock M., Collins D., Trewin B., Rahimzadeh F., Tagipour A., Ambenje P., Rupa Kumar K., Revadekar J., Griffiths G., Vincent L., Stephenson D., Burn J., Aguilar E., Brunet M., Taylor M., New M., Zhai P., Rusticucci M., Vazquez-Aguirre J.L., 2006 : Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation. *Journal of Geophysical Research (JGR) : Atmospheres*, **111**, D05109, doi : 10.1029/2005JD006290.
- Baede Alfons P. M., 2007 : *Glossaires des contributions des Groupes de travail I, II et III au quatrième Rapport d'évaluation du GIEC* : [http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/ONERC\\_ar4\\_syr\\_glossary-fr.pdf](http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/ONERC_ar4_syr_glossary-fr.pdf).
- Durand Y., Laternser M., Giraud G., Etchevers P., Lesaffre B. et Mérindol L., 2009. Reanalysis of 44 years of climate in the French Alps (1958–2002): methodology, model validation, climatology and trends for air temperature and precipitation. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, **48**, 429-449.
- DRIAS<sup>les futurs du climat</sup>, projections climatiques pour l'adaptation de nos sociétés : accédé à partir de février 2013, <http://www.drias-climat.fr/>
- Frich P., Alexander L.V., Della-Marta P., Gleason B., Haylock M., Klein Tank A.M.G., and Peterson T., 2002 : Observed coherent changes in climatic extremes during the second half of the twentieth century. *Climate Research (Clim Res)*, **19**, 193-212.
- GIEC, 2007 : *Bilan des changements climatiques*. Contribution des Groupes de travail I, II et III au quatrième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'évolution du climat, équipe de rédaction principale, Pachauri R.K. et Reisinger A., GIEC, Genève, Suisse, 103 pages.
- Goubanova K., 2007 : *Une étude des événements climatiques extrêmes sur l'Europe et le bassin Méditerranéen et de leur évolution future*. Thèse de doctorat de l'Université Paris 6, 121 pages.
- Goubanova K. et Li L., 2006 : Extremes in temperature and precipitation around the Mediterranean basin in an ensemble of future climate scenario simulations. *Global and Planetary Change*, **57**, 27-42.
- IMFREX, 2005 : *Impact des changements anthropiques sur la fréquence des phénomènes extrêmes de vent de température et de précipitations*. Rapport final, 44 pages.
- Kharin V., Zwiers F., Zhang X. & Hegerl G., 2007 : Changes in temperature and precipitation extremes in the IPCC ensemble of global coupled model simulations. *Journal of Climate*, **20**, 1419-1444.
- Klein Tank A.M.G., Konnen GP., 2003 : Trends in indices of daily temperature and precipitation extremes in Europe, 1946-99. *Journal of Climate*, **16**, 3665-3680.
- Leroy E., Rome S., Bigot S., 2012 : Variabilité spatio-temporelle de la température de l'air (1950 – 2009) dans le département de la Drôme (région Rhône-Alpes, France). *Publications de l'Association Internationale de Climatologie*, **25**, 469-474.
- Nogaj M., Yiou P., Parey S., Malek F., & Naveau P., 2006 : Amplitude and frequency of temperature extremes over the North Atlantic region. *Geophysical Research Letters*, **33**, L10801 : doi:10.1029/2005GL024251.
- Philippe F., Bigot S. & Rome S., 2012 : Le changement climatique à l'échelle de la Drôme : analyse et évaluation des projections climatiques issues du programme SCAMPEI. *Publications de l'Association Internationale de Climatologie*, **25**, 607-612.
- Rome S., Bigot S. & Dumas D., 2009 : Les extrêmes thermiques et la circulation atmosphérique dans les Préalpes françaises (massif du Vercors, 2004-2008). *Geographia Technica*, septembre 2009, Cluj University Press, Roumanie, 395-400.
- SCAMPEI (Scénarios Climatiques Adaptés aux zones de Montagne : Phénomènes extrêmes, Enneigement et Incertitudes) : accédé depuis février 2013, <http://www.cnrm.meteo.fr/scampe/>.
- STARDEX, 2005 : *Downscaling climate extremes*. The STARDEX final report, 24 pages.
- Zwiers F.W., Alexander L.V., Hegerl G.C., Knutson T.R., Naveau P., Nicholls N., Schar C., Seneviratne S.I., Wang X.L., 2011 : *Challenges in estimating and understanding recent changes in the frequency and intensity of extreme climate and weather events*. Community paper on climate extremes. Word Climate Research Program Open Science Conference, 45 pages.
- Zwiers F. et Kharin V., 1998 : Changes in the extremes of the climate simulated by CCC GCM2 under CO2 doubling. *Journal of Climate*, **11**, 2200-2222.